

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**

Fakulta textilní

Studijní program: M3106 – Textilní inženýrství

Studijní obor: 3106T002 – Chemická technologie textilní

## **Přírodní UV absorbéry pro textilní aplikace**

## **Natural UV absorbers for textile application**

### **Diplomová práce**

Autor: **Lucie Hušková**

Vedoucí práce: Ing. Dagmar Machaňová

Konzultant: Doc. Ing. Jakub Wiener, Ph.D.

**Liberec 2011**

## **Poděkování**

Na tomto místě bych ráda poděkovala své rodině za podporu a pomoc. Ing. Daně Sušické z firmy Huntsman za poskytnuté materiály a konzultace, a především Ing. Dagmar Machaňové za lidský přístup a skvělé vedení.

## **Prohlášení**

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum

Podpis

## **Anotace**

Diplomová práce se zabývá sledováním ochranné funkce textilií před nebezpečným UV zářením a možností tuto ochranu zvyšovat pomocí aplikace UV absorbérů. Práce se zaměřuje na bavlněné tkaniny. Zkoušené tkaniny se liší vazbou, dostavou, plošnou hmotností, tloušťkou, porozitou a předchozí úpravou.

V teoretické části jsou popsány vlivy slunečního záření na lidský organismus a rizika s ním spojená. Také se zde pojednává o způsobech kvantifikace slunečního záření a možnostech ochrany, případně minimalizaci rizik při pobytu na slunci.

V experimentální části se věnujeme popsání struktury tkanin pomocí vhodných měření dostavy, porozity a tloušťky. Dále provádíme aplikaci vybraných UV absorbérů a analyzujeme ochrannou funkci upravených tkanin. Následně provádíme vyprání vzorků a opakujeme analýzu ochranné funkce.

V závěru práce hledáme souvislosti mezi teoretickými předpoklady, naměřenými hodnotami a strukturálními rozdíly jednotlivých tkanin.

## **Klíčová slova**

UV absorbér, UV index, MED, SPF, UPF, ochrana před UV zářením



## **Abstract**

This thesis deals with the monitoring of protective functions of textiles against a harmful UV radiation and with the possibility of increasing that protection by using UV absorbers. The work focuses on cotton fabrics. The test fabrics differ in bond, thread count, surface weight, thickness, porosity, and previous finishing.

The theoretical part describes the effects of solar radiation on the human organism and the risks associated with it. There is also discussed the ways how to quantify the solar radiation and how to protect or minimize the risks of sun exposure.

In the experimental section, we describe the structure of fabric by means of appropriate measuring of texture, porosity and thickness. We also provide application of selected UV absorbers and analyze the protective function of finished fabric. Then we wash the samples and repeat analysis of a protective function.

In the end we are looking for links between theoretical assumptions, the measured values and the structural differences of particular fabrics.

## **Keywords**

UV absorber, UV index, MED, SPF, UPF, UV radiation protection

# Obsah

<b>1 Úvod</b>	<b>1</b>
<b>2 Zdroje a účinky UV záření</b>	<b>2</b>
2.1 Slunce a sluneční záření . . . . .	2
2.2 Umělé zdroje záření . . . . .	4
2.3 Ultrafialové záření . . . . .	5
2.4 Anatomie kůže . . . . .	7
2.5 Příznivé účinky UV záření . . . . .	8
2.5.1 Psychika . . . . .	8
2.5.2 Tvorba vitamínu D . . . . .	8
2.5.3 Dezinfekce vody . . . . .	9
2.6 Nepříznivé účinky UV záření . . . . .	9
2.6.1 Degradace polymerů a barviv . . . . .	9
2.6.2 Poškození zdraví člověka . . . . .	10
<b>3 Ochrana před UV zářením</b>	<b>10</b>
3.1 Atmosféra . . . . .	10
3.2 Přirozená fotoprotekce kůže . . . . .	10
3.3 Ochranné krémy . . . . .	11
3.4 Ochrana textiliemi . . . . .	11
<b>4 Využití UV absorbérů v textilu</b>	<b>12</b>
4.1 Podstata ochrany UV absorbéry . . . . .	12
4.2 Principy úprav textilií . . . . .	13
<b>5 Popis a měření dopadajícího záření</b>	<b>13</b>
5.1 UV index . . . . .	13
5.2 MED (minimal erythema dose) . . . . .	14
5.3 Fototypy pokožky . . . . .	16
<b>6 Způsoby popisu ochrany před dopadajícím zářením</b>	<b>16</b>
6.1 SPF (sun protection factor) . . . . .	16
6.2 UPF (ultraviolet protection factor) . . . . .	17
<b>7 Experimentální část</b>	<b>18</b>
7.1 Charakteristika materiálů . . . . .	19

7.2	UV absorbéry	20
7.3	Použité chemikálie	21
7.4	Aplikace UV absorbérů	21
7.5	Mokrý přivažek	23
7.6	Porozita	24
7.7	Měření tloušťky textilií	24
7.8	Měření UPF	25
7.9	Praní textilií	25
7.10	Barevnost textilií	26
7.11	Výsledky	26
<b>8</b>	<b>Závěr</b>	<b>31</b>
<b>A</b>	<b>Přílohy</b>	<b>I</b>
A.1	Ukázky porozity jednotlivých tkanin	I
A.2	Obrázky tkanin získané rastrovací elektronovou mikroskopií	IV
A.3	Grafy závislosti UPF na koncentraci UV absorbérů pro všechny tkaniny	XVI
A.4	Grafy porovnání hodnot UPF pro koncentrační řady jednotlivých UV absorbérů na všech studovaných textiliích	XXIII
A.5	CD s výsledky práce a elektronickou verzí tohoto dokumentu	XXXIV

# Seznam obrázků

2.1	Bilance dopadající sluneční energie na Zemi. [12]	4
2.2	Průměrná roční sluneční energie dopadající na plochu Země.	5
5.1	Odhad geografického rozložení UV indexu v červnu, v poledne, za slunné oblohy dle [8]	14
7.1	Schéma pracovního postupu zkoumání vlivu UV absorbérů na propustnost UV záření tkaninami.	18
7.2	Porovnání hodnot UPF pro čistý praný a nepraný materiál.	27
7.3	Grafy závislosti UPF na koncentraci UV absorbéru č. 1 pro všechny sledované tkaniny před praním.	29
7.4	Porovnání hodnot UPF před praním a po praní materiálu C pro všechny UV absorbéry.	30
A.1	Příklady fotografií porozity textilií A–E	I
A.2	Příklady fotografií porozity G–L.	II
A.3	Fotografie tkaniny A z rastrovacího elektronového mikroskopu bez aplikace UV absorbérů.	IV
A.4	Fotografie vzorků tkaniny A po aplikaci TiO <sub>2</sub> z rastrovacího elektronového mikroskopu.	V
A.5	Fotografie vzorků tkaniny A po aplikaci TiO <sub>2</sub> a následém vyprání.	VI
A.6	Fotografie tkaniny D z rastrovacího elektronového mikroskopu bez aplikace UV absorbérů.	VII
A.7	Fotografie vzorků tkaniny D po aplikaci TiO <sub>2</sub> z rastrovacího elektronového mikroskopu.	VIII
A.8	Fotografie vzorků tkaniny D po aplikaci TiO <sub>2</sub> a následém vyprání.	IX
A.9	Fotografie tkaniny G z rastrovacího elektronového mikroskopu bez aplikace UV absorbérů.	X
A.10	Fotografie vzorků tkaniny G po aplikaci TiO <sub>2</sub> z rastrovacího elektronového mikroskopu.	XI
A.11	Fotografie vzorků tkaniny G po aplikaci TiO <sub>2</sub> a následém vyprání.	XII
A.12	Fotografie tkaniny L z rastrovacího elektronového mikroskopu bez aplikace UV absorbérů.	XIII
A.13	Fotografie vzorků tkaniny L po aplikaci TiO <sub>2</sub> z rastrovacího elektronového mikroskopu.	XIV
A.14	Fotografie vzorků tkaniny L po aplikaci TiO <sub>2</sub> a následém vyprání.	XV

A.15 Grafy závislosti UPF na koncentraci UV absorbéru č. 2 pro všechny sledované tkaniny před praním. . . . .	XVI
A.16 Grafy závislosti UPF na koncentraci UV absorbéru č. 3 pro všechny sledované tkaniny před praním. . . . .	XVII
A.17 Grafy závislosti UPF na koncentraci UV absorbéru č. 4 pro všechny sledované tkaniny před praním. . . . .	XVIII
A.18 Grafy závislosti UPF na koncentraci UV absorbéru č. 1 pro všechny sledované tkaniny po praní. . . . .	XIX
A.19 Grafy závislosti UPF na koncentraci UV absorbéru č. 2 pro všechny sledované tkaniny po praní. . . . .	XX
A.20 Grafy závislosti UPF na koncentraci UV absorbéru č. 3 pro všechny sledované tkaniny po praní. . . . .	XXI
A.21 Grafy závislosti UPF na koncentraci UV absorbéru č. 4 pro všechny sledované tkaniny po praní. . . . .	XXII
A.22 Porovnání hodnot UPF před praním a po praní materiálu A pro všechny UV absorbéry. . . . .	XXIII
A.23 Porovnání hodnot UPF před praním a po praní materiálu B pro všechny UV absorbéry. . . . .	XXIV
A.24 Porovnání hodnot UPF před praním a po praní materiálu D pro všechny UV absorbéry. . . . .	XXV
A.25 Porovnání hodnot UPF před praním a po praní materiálu E pro všechny UV absorbéry. . . . .	XXVI
A.26 Porovnání hodnot UPF před praním a po praní materiálu F pro všechny UV absorbéry. . . . .	XXVII
A.27 Porovnání hodnot UPF před praním a po praní materiálu G pro všechny UV absorbéry. . . . .	XXVIII
A.28 Porovnání hodnot UPF před praním a po praní materiálu H pro všechny UV absorbéry. . . . .	XXIX
A.29 Porovnání hodnot UPF před praním a po praní materiálu I pro všechny UV absorbéry. . . . .	XXX
A.30 Porovnání hodnot UPF před praním a po praní materiálu J pro všechny UV absorbéry. . . . .	XXXI
A.31 Porovnání hodnot UPF před praním a po praní materiálu K pro všechny UV absorbéry. . . . .	XXXII
A.32 Porovnání hodnot UPF před praním a po praní materiálu L pro všechny UV absorbéry. . . . .	XXXIII

## Seznam tabulek

2.1	Základní parametry Slunce. [12]	2
2.2	Rozdělení elektromagnetického záření. [12]	3
2.3	Bilance dopadající sluneční energie na Zemi. [12]	3
5.1	Intenzita UV indexu dle [5]	14
5.2	Fototypy pokožky dle [5]	16
7.1	Charakteristika materiálů – 1. část.	19
7.2	Charakteristika materiálů – 2. část.	20
7.3	Koncentrační řady UV absorbérů.	21
7.4	Volba chemikálií pro udržení homogenní lázně – 1. test.	22
7.5	Volba chemikálií pro udržení homogenní lázně – zpřesňující test.	23
A.1	Parametry porozity jednotlivých textilií.	III

## Seznam zkratk

DNA Deoxyribonukleová kyselina

IR Infračervené záření

MED Minimální erytémová dávka

RNA Ribonukleová kyselina

SPF Sluneční ochranný faktor (Sun protection factor)

UPF Ultrafialový ochranný faktor (Ultraviolet protection factor)

UV Ultrafialové záření

UVI UV index

WHO Světová zdravotnická organizace

WMO Světová meteorologická organizace

# 1 Úvod

Při pohledu do historie zjistíme, že v dřívějších dobách se na opálenou kůži hledělo jinak než dnes. Například v Indii, kde stále existuje známý systém kast (třídy podle původu a postavení, kde se lidé do těchto tříd rodí a nemohou se ani provdat do jiné kasty) je jedním ze znaků „třídního původu“ barva pleti. Čím patřil člověk do nižší („horší“) kasty, tím měl tmavší pleť. Členové vyšších kast měli světlejší pleť a bohové jsou zobrazováni se sněhově bílou pletí. Podobné vnímání barvy pleti bylo i u nás, šlechta nevycházela na sluníčko nebo se před ním důsledně chránila používáním rukaviček, paraplíček a jiných prostředků. Obyčejný lid musel pracovat i na slunci a na ochranu nebyl čas.

V posledních sto letech se převážně v euro-americké kultuře začal tento pohled postupně měnit. Hnědá kůže začala být symbolem bohatství a přitažlivosti. Bohatí si mohli dovolit exotické dovolené u moře zatímco běžný člověk trávil většinu času v továrně a tuto možnost neměl. Zároveň se na bílou pleť začalo pohlížet jako na „nemocnou“. Afro-asijská kultura se naopak snaží pigment z kůže odstranit a získat tak co nejbělejší pleť. Movitější podstupují operace a chemický peeling, nemovití se snaží alespoň před sluncem chránit pomocí oblečení. Muslimské ženy se musí zahalovat i z náboženských důvodů.

V polovině 19. století se objevil první případ rakoviny kůže, byl ojedinělý. V druhé polovině 20. století začal výskyt tohoto onemocnění rapidně narůstat a v současnosti se jedná o jednu z nejčastějších forem rakoviny. Z tohoto důvodu vznikla potřeba se začít před slunečním zářením chránit.

Jednou z možností ochrany jsou opalovací prostředky s ochranným faktorem. Češi tuto ochranu však neumí využít, zapomínají, že obnova ochranné vrstvy musí proběhnout po dvou hodinách a že by tato vrstva měla být viditelná na pokožce.

Další možností je ochrana pomocí oblečení. Textilie samy o sobě chrání člověka před slunečními paprsky tím, že zamezují přímému dopadu záření na pokožku. Ne všechno záření vzhledem ke své struktuře dokážou zastavit. Tuto ochranu je ale možné ještě zvýšit aplikací UV absorbérů. Syntetické UV absorbéry už nejsou výjimkou, tato práce si však klade za cíl zkoumat i přírodní (organické a anorganické) prostředky ke zvýšení ochranné funkce textilií.

## 2 Zdroje a účinky UV záření

### 2.1 Slunce a sluneční záření

Přeměna vodíku na hélium, probíhající ve Slunci již 5 miliard let, je nejúčinnější jadernou reakcí vůbec. Dodává naší Zemi obrovské množství energie (180 000 TJ každou sekundu). Energie dodaná Sluncem ve formě záření lze s vysokou účinností přeměňovat v jiné formy energie. Základní parametry Slunce následují v tabulce 2.1.

Tabulka 2.1: Základní parametry Slunce. [12]

vzdálenost od Země	$150 \cdot 10^6$ km
průměr	$1,39 \cdot 10^6$ km
objem	$2,7 \cdot 10^{24}$ km <sup>3</sup>
hmotnost	$1,99 \cdot 10^{30}$ kg
průměrná hustota	$1,4 \cdot 10^3$ kg·m <sup>-3</sup>
tlak ve středu	$2 \cdot 10^{10}$ MPa
teplota na povrchu	$6 \cdot 10^3$ K
teplota ve středu	$13 \cdot 10^6$ K
zářivý tok	$3,8 \cdot 10^{23}$ kW
celková zářivá energie	$2,8 \cdot 10^{40}$ J
stáří	5 miliard let

Přeměna vodíku na hélium je zdrojem veškeré sluneční energie. Energie uvolněná v hlubokém nitru Slunce má nejprve formu fotonů  $\gamma$  a pak rentgenového velmi nahuštěného záření. Toto záření pozvolna prochází k povrchu Slunce a přitom se mění v záření ultrafialové a světelné. Původní foton  $\gamma$  uvolněný u středu Slunce se postupně (v řádu milionu let) přemění na několik set tisíc fotonů světelných vyzářených povrchem Slunce.

Převážná většina slunečního záření je ve formě světla a blízkého infračerveného záření. Je to základní složka a s časem téměř nekolísá. Pro život na Zemi je však tato složka slunečního záření naprosto nepostradatelná.

Poměrně malá část slunečního záření sestává z fotonů rentgenových, ultrafialových a z radiového záření na různých vlnových délkách. Je to proměnná složka slunečního záření a její intenzita závisí na sluneční činnosti.

Další část slunečního záření se skládá z protonů, elektronů a částic jader různých prvků - tedy vesměs elektricky nabitých. Nazývá se slunečním větrem. Sluneční vítr je nebezpečné záření, před nímž však Zemi chrání magnetosféra. To je oblast, kde magnetické pole Země dominuje nad magnetickým polem mezipla-



netárním. V blízkosti Země má zhruba charakter neporušeného dipólového pole. Ve větších výškách je magnetické pole země deformované proudem nabitých částic přicházejících od Slunce (slunečním větrem), tvoří tzv. ohon magnetosféry, který zasahuje hluboko do meziplanetárního prostoru. [12]

Přehled elektromagnetického záření platný i pro sluneční záření je v tab. 2.2.

Tabulka 2.2: Rozdělení elektromagnetického záření. [12]

Vlnová délka	Název záření	Druh záření
do $5 \cdot 10^{-4}$ nm	ultragama paprsky	kosmické záření
$10^{-4}$ – $10^{-2}$ nm	tvrdé paprsky $\gamma$	záření $\gamma$
0,01–0,1 nm	měkké paprsky $\gamma$	
0,1–1 nm	tvrdé paprsky X	záření X
1–100 nm	měkké paprsky X	
100–400 nm	ultrafialové záření (UV)	
380–760 nm	viditelné světlo	
0,75–5 $\mu$ m	infračervené záření (IR)	
5–340 $\mu$ m	tepelné záření	
1–100 mm	mikrovlny	
	ultrakrátké vlny	
0,1–2 m	Hertzovy vlny	rozhlasové vlny
2–100 m	velmi krátké vlny	
	krátké vlny	
200–700 m	střední vlny	
1–15 km	dlouhé vlny	
do 100 km	velmi dlouhé vlny	

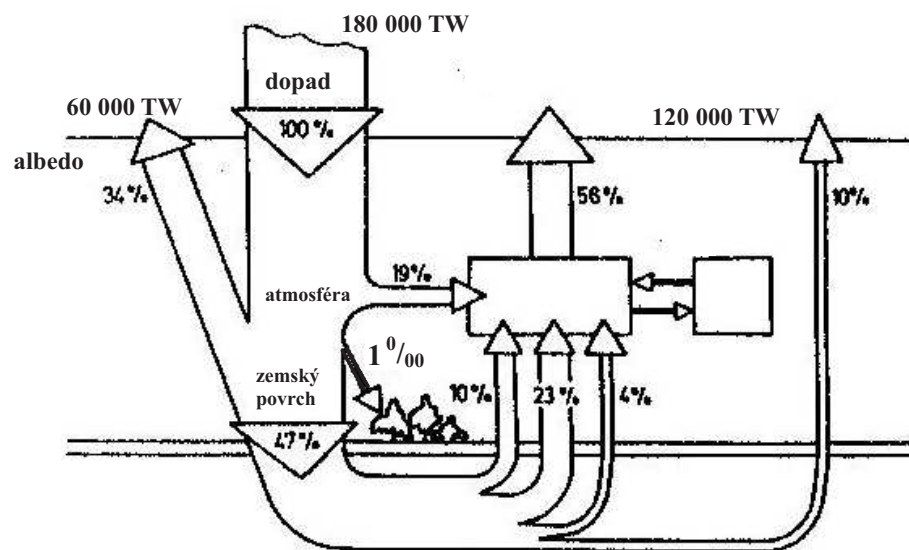
Na zemi dopadne jen nepatrná část celkového výkonu vyzařovaného Sluncem (viz obrázek 2.1) jak naznačuje tabulka 2.3.

Tabulka 2.3: Bilance dopadající sluneční energie na Zemi. [12]

100 %	180000 TW	celkový vyzařovaný výkon Slunce
34 %	60000 TW	odrazí se od atmosféry Země
19 %		je pohlceno atmosférou
47 %		je pohlceno zemským povrchem, z toho
1 %	90 TW	je zachyceno fotosyntézou

Z energie zachycené zelenými rostlinami a fytoplanktonem žije celá biosféra. Tato energie není na všech místech Země stejná. Průměrná roční sluneční energie dopadající na plochu Země je znázorněna na obr. 2.2.

Transformace sluneční energie v energii tepelnou je podmínkou hydrologického cyklu na zemi a je neustále obnovujícím zdrojem sladké vody nad kontinenty



Obrázek 2.1: Bilance dopadající sluneční energie na Zemi. [12]

a světovým oceánem. Podstatná část tepelné energie Zemi opět opouští jako infračervené záření s maximální intenzitou kolem vlnové délky  $\lambda = 10 \mu\text{m}$ .

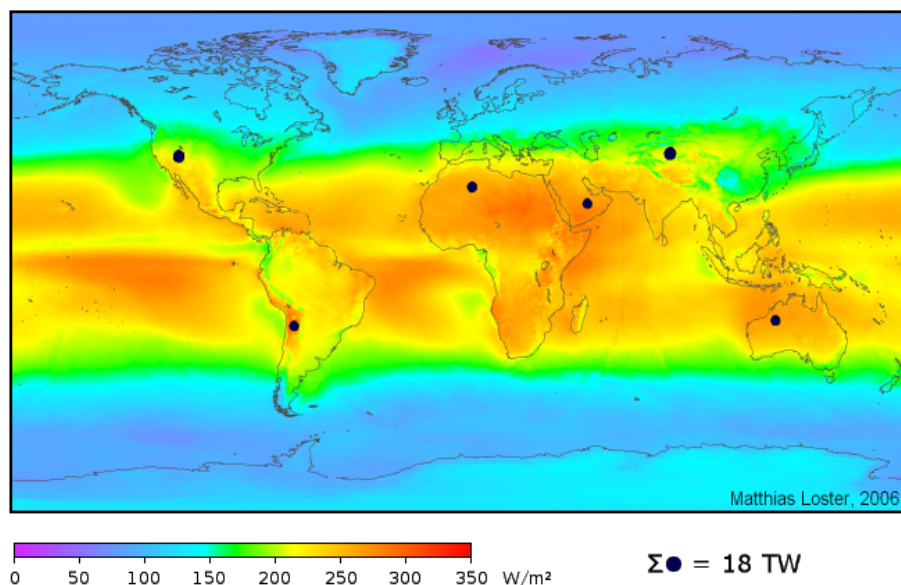
Spektrální složení slunečního záření dopadajícího na povrch Země je následující. [12]

- Asi 9 % představuje ultrafialové záření (UV), které má rozsah spektra 100–380 nm.
- Maximum hustoty záření je v oblasti viditelného záření (průměrně 45 %), to je oblast v rozmezí 380–760 nm. Tomuto rozsahu odpovídá zhruba fotosynteticky aktivní záření, které je jediným přímo využitelným zdrojem energie pro primární produkci.
- Asi 46 % slunečního záření dopadajícího na povrch Země má vlnovou délku delší než 750 nm, je to záření infračervené.

## 2.2 Umělé zdroje záření

Elektrický oblouk je nejčastějším umělým zdrojem celého spektra UV záření (rozdělení UV záření podrobněji v kapitole 2.3). Jeho intenzita roste přímo úměrně s intenzitou elektrického proudu, přiváděného do elektrody. Ve spektru se současně zvyšuje podíl UVC.

Dalším zdrojem jsou xenonové a rtuťové výbojky, používané ve zdravotnictví, kosmetice, prostorové dezinfekci a k dalším účelům. Tedy přístroje, vyzařující UVA



Obrázek 2.2: Průměrná roční sluneční energie dopadající na plochu Země.

a UVB záření, které poškozuje DNA v buňkách kůže. O UVB je známo, že má karcinogenní účinky. Vysoké dávky UVA se však na případném karcinomu podílejí také. Solária v zásadě emitují převážně UVA, ale i malou dávku UVB. V posledních letech jsou ozařovací lampy vyráběny tak aby produkovaly více UVB a tím se přiblížily slunečnímu spektru a zároveň se urychlilo opálení.

Je široce rozšířeným omylem, že opálení získané v soláriu chrání kůži před spálením na slunci. Ve skutečnosti toto opálení chrání proti slunečnímu spálení jen v omezené míře. Opálení ze solária poskytuje ochranu srovnatelnou s nízkým ochranným faktorem (2–3). [13]

## 2.3 Ultrafialové záření

Ultrafialové záření je součástí spektra elektromagnetického záření. Jedná se o záření o vlnové délce 100–400 nm a frekvenci 1015–1017 Hz (v neviditelné části spektra) [21, 11, 6].

Podle vlnové délky se dále dělí do oblastí. Přesné hranice mezi jednotlivými typy UV záření se v různých vědních oborech mohou mírně lišit.

1. Dlouhovlnné záření **UVA** o vlnové délce 320–400 nm proniká do kůže nejvíce. Jeho biologickým účinkem je předčasné stárnutí kůže. Dostatečná dávka UVA vyvolává časnou pigmentaci kůže, která vzniká nedlouho po ozáření, ale

nemá dlouhého trvání. Dlouhodobé působení UVA podporuje narušení imunity, což umožňuje rozvoj nádorových onemocnění kůže.

2. Středněvlnné záření **UVB** o vlnové délce 290–320 nm je asi ze 60 % filtrováno ozónovou vrstvou atmosféry. Zbytek dopadá na zemský povrch, kde po dopadu na kůži proniká do pokožky. UVB záření způsobuje hnědé zabarvení kůže efektem pozdní pigmentace. Při nadměrné dávce dochází k zarudnutí kůže případně až ke spálení pokožky. Narušením DNA kožních buněk může dojít k rozvoji zhoubného onemocnění kůže.
3. Krátkovlnné záření **UVC** o vlnové délce 200–290 nm je nebezpečné pro život na zemi. Má vysokou energii, toxické účinky a je silně karcinogenní. Je však prakticky zcela absorbováno atmosférou (převážně vzdušným kyslíkem a dusíkem). Jeho vliv na život však vlivem ztenčování ozónové vrstvy stoupá.
4. Vakuové UV záření o vlnové délce 100–200 nm Je zcela absorbováno ve vzduchu. Při této absorpci vzniká z kyslíku ozón.

Množství UV záření dopadající na zemský povrch závisí na řadě faktorů.[21]

- Roční období – v letním období dopadá na zemský povrch 3x více UV záření než v zimě. Ještě výraznější rozdíl je ve složce UVB, kde je to až 10x více.
- Denní doba – během dne se příliš nemění intenzita UVA záření. Kolísá však intenzita UVB, kdy nejvíce záření dopadá na povrch v poledních hodinách.
- Nadmořská výška – na každých 300 m nadmořské výšky narůstá intenzita UV záření o 4 %.
- Zeměpisná poloha – blíže k rovníku je dráha paprsků v atmosféře kratší, čímž se méně pohltí a na zemský povrch tak dopadá až 5x vyšší intenzita.
- Odraz paprsků od okolí – sníh odráží až 80 %, bílý písek 25 %, mořská voda v pohybu 20 %, klidná vodní hladina 6 %, šedý asfalt nebo beton 3 %, trávník a tráva 0,5 ÷ 4 % dopadajících paprsků.
- Stav ozónové vrstvy.
- Oblačnost a znečištění ovzduší – může snížit intenzitu záření až o 40–80 %.
- UV záření proniká i do vody. Půl metru pod hladinou je stále intenzita asi 40 % intenzity na hladině.

## 2.4 Anatomie kůže

Kůže pokrývá tělo člověka a odděluje tak vnitřní prostředí organismu od vnějšího prostředí. Z části je pokryta ochlupením, které má ochrannou funkci. Plocha kůže u dospělého člověka dosahuje 1,6 až 1,8 m<sup>2</sup>, a to z ní dělá největší orgán lidského těla. Hmotnost kůže představuje 7 % celkové tělesné hmotnosti.[14] Na lidskou hlavu a krk u běžného zdravého člověka připadá přibližně 11 % kůže, na trup 30 %, na horní končetiny 23 % a na dolní končetiny asi 36 % celého povrchu kůže. Síla (tloušťka) lidské kůže se mění od 0,4 do 4 mm (záda). Nejtenčí kůže člověka je na očních víčkách, penisu a také na vlasové části hlavy.

Kůže plní řadu rozmanitých funkcí, mezi něž patří:

- ochranná funkce: jedná se o bariéru mezi vnějším a vnitřním prostředím. Kůže chrání tělo proti vniku škodlivých látek, mikroorganismů a před UV zářením.
- smyslové funkce: v kůži je uložena řada receptorů (nervových zakončení), které reagují na teplo, chlad, tlak nebo poranění tkání.
- termoregulace: kůže pomáhá udržovat stálou teplotu těla, a to pomocí kožních cév a potních žláz.
- skladovací funkce: v podkožním vazivu se skladuje tuk. Ten má kromě funkce zásobní i funkci mechanickou a izolační.
- vylučovací funkce: kůže je vedle ledvin dalším důležitým orgánem pro vylučování chemických látek z těla. To je zajišťováno mazovými a potními žlázami, jejichž sekrety (pot a maz) přispívají k ochraně kůže.
- resorpční funkce: přes kůži je možné do těla vpravit jen látky rozpuštěné v tukových rozpouštědlech nebo v tucích, které lze do kůže vtírat (např. různé léky v podobě mastí). Přes kůži je také možné absorbovat dýchací plyny.

Kůže se skládá ze tří základních částí, pokožky, škáry a podkožního vaziva.

- Pokožka je tvořena mnoha vrstvami buněk dlaždicového epitelu. Horní vrstvy kůže neustále rohovatí, odumírají a odlupují se. Celá pokožka se obmění asi za tři týdny. Součástí spodních vrstev pokožky je také pigmentové barvivo melanin, které chrání tělo před škodlivými účinky UV záření. Neobsahuje žádné kapiláry (vlásečnice) a většinu živin získává ze škáry.

- Škára je druhou vrstvou kůže, pevná a pružná vazivová vrstva kůže. Je tvořena sítí kolagenových a elastických vláken. Na hranici pokožky a škáry se nacházejí škárové papily, ve kterých jsou kapilární sítě a nervová zakončení.
- Podkožní vazivo je vrstva kůže pod škárou. V různých místech obsahuje více či méně tukových buněk, které slouží jako zásobárna energie a jsou v nich rozpuštěny vitamíny A, D, E a K. Funkcí podkožního vaziva je izolovat a chránit svaly a nervy.

Barvu kůže určují její barviva – melanin, karoten a hemoglobin. Melanin se tvoří ve specializovaných buňkách, melanocytech. Má červenou hnědou až černou barvu. U lidí s tmavou barvou kůže vytvářejí melanocyty více melaninu, který je tmavší než u lidí se světlou barvou kůže. Karoten, který získáváme například z mrkve je oranžové barvivo, ukládající se v povrchové vrstvě kůže. Hemoglobin je v kožních cévách, dodává růžový nádech. [15]

## **2.5 Příznivé účinky UV záření**

### **2.5.1 Psychika**

UV záření jakožto součást slunečního záření působí na psychiku člověka. Obecně většinou platí, že čím více slunce, tím lepší nálada. Sluneční paprsky mají vliv na mozková centra ovlivňující emoce a díky intenzivním slunečním paprskům vytváří lidské tělo více hormonů zlepšujících náladu. Vyšší intenzitu světla využívá i fototerapie, která se používá v zimních měsících při léčbě sezónních depresí. Spočívá v každodenním vystavování člověka intenzivnímu světlu. S vysokou intenzitou slunečního světla souvisí i teplota. Vyšší teplota vede k pocení a tedy odplavování škodlivých látek z těla.

### **2.5.2 Tvorba vitamínu D**

UV záření napomáhá tvorbě vitamínu D v kůži. V krvi obsažený 7-dehydrocholesterol se po styku s UV zářením promění na cholekalciferol (D3). Vitamín D3 se poté ukládá do kůže, mozku, jater a kostí. Účinně reguluje metabolismus vápníku a podporuje vstřebávání vápníku ve střevě, ukládání vápníku do kostí a reguluje dynamickou přestavbu kostí.

### 2.5.3 Dezinfekce vody

UVB a UVC záření mají nejvyšší účinek na bakterie. Efekt UV záření spočívá ve fotochemickém poškození DNA, RNA, eventuálně i proteinů, enzymů a dalších biologicky významných makromolekul. Nukleové kyseliny absorbují UV záření o vlnové délce 240–280 nm, nejvyšší efekt je pozorován při 260–265 nm. Důsledkem jejich poškození je nemožnost replikace genetické informace, množení bakterií a tím i jejich zničení.

Výhody dezinfekce vody UV zářením.

- Jde o fyzikální proces, takže se do vody nedostávají žádné chemikálie,
- neovlivňuje se pach a chuť vody,
- nemění se složení vody,
- nevznikají vedlejší produkty dezinfekce,
- účinek významně nezávisí na chemismu a teplotě vody.

Účinek může být omezen barvou a zákalem vody, rozpuštěnou hmotou, absorbcí UV záření anorganickými složkami vody a v neposlední řadě i technickými parametry UV zařízení. [22]

## 2.6 Nepříznivé účinky UV záření

### 2.6.1 Degradace polymerů a barviv

Polymery, používané ve spotřebních výrobcích, ztrácejí své vlastnosti při vystavování UV záření. Projevuje se to blednutím barev, snížením pevnosti, praskáním povrchu, které může vést až k destrukci produktu. Účinky se zvyšují se stoupající dobou vystavení a intenzitou slunečního světla. Tento jev nazýváme UV degradací, což je jedna z forem degradace polymerů. Použitím UV absorbérů lze zabránit předčasné degradaci, obzvláště jsou-li produkty používány venku a tedy vystaveny slunečnímu světlu.

Také barviva absorbují UV záření a mění tak svoji barvu. Zvláštní ochranu tak potřebují obzvláště obrazy, případně vzácné textilie.



### 2.6.2 Poškození zdraví člověka

Při absorpci větší dávky UV záření nebo jeho dlouhodobému vystavení dochází k zarudnutí kůže, později opálení až spálení. Mohou nastat fotoalergické a fototoxické reakce. Může též dojít ke zhoršení některých kožních onemocnění. Dochází také k poruše obranyschopnosti kůže.

Následky dlouhodobějšího rázu pak jsou předčasné stárnutí kůže či nepravidelná pigmentace. Dochází ke ztenčení a kůže přestává být pružná. Mohou vzniknout též kožní nádory.

V oku absorbuje UV záření spojivka a částečně i rohovka. Po ozáření oka UV paprsky může dojít po 30 minutách až 24 hodinách k prudkému zánětu spojivek a rohovky. Tyto příznaky mizí během 48 hodin. Přílišné ozáření očí může způsobit šedý zákal.

## 3 Ochrana před UV zářením

### 3.1 Atmosféra

Atmosféra je plynný obal Země v kosmickém prostoru. Země váže atmosféru gravitační silou. Hustota plynu je nepřímě úměrná hmotnosti tělesa. Lehčí plyn (např. vodík) neunikne do vesmíru, je-li vázán vyšší gravitační silou. Země má relativně hustou atmosféru složenou ze 78 % dusíku, 21 % kyslíku, 1 % argonu a stopového množství jiných plynů včetně oxidu uhličitého a vodních par.

Atmosféra chrání povrch Země před dopadem některých druhů slunečního záření, jak bylo zmíněno v kapitole 2.3. Její složení je nestabilní a silně ovlivněno biosférou. Jde především o velké množství volného dvouatomového kyslíku, který vyrábějí pozemské rostliny a bez nichž by se kyslík v atmosféře v geologicky krátkém čase sloučil s materiály z povrchu Země. Volný kyslík v atmosféře je známkou života.[19, 18]

### 3.2 Přírozená fotoprotekce kůže

Lidský organismus využívá dva přirozené mechanismy ochrany před UV zářením.

- Prvním je tvorba kožního barviva melaninu. Kůže reaguje na UV ozáření opálením (zhnědnutím). Časnou pigmentaci vyvolává UVA záření. UVB záření způsobuje novou tvorbu melaninu, který chrání kůži až při další expozici.



- Druhým mechanismem je zesílení rohové vrstvy kůže. Ta dopadající UV záření jednak odráží, jednak absorbuje. Při ozáření se tato vrstva stává silnější. Brání pak pronikání záření do hlubších struktur a jejich poškození. Tento ochranný mechanismus je vyvolán především UVB složkou záření. Velmi silná rohová vrstva je přítomná např. v dlaních, proto se zde kůže téměř nikdy nespálí.

### 3.3 Ochranné krémy

Ochranu pokožky můžeme zlepšit použitím krému s ochranným UV faktorem. Pro přesné hodnocení ochranného faktoru proti slunci byl stanoven a vždy se uvádí tzv. sluneční protektivní faktor SPF, definovaný jako poměr minimální erytémové dávky (MED) pro slunečním filtrem chráněnou kůži dělené minimální erytémovou dávkou pro nechráněnou kůži. Ochranný faktor udává jakou část dopadajícího UV záření krém pohltí a jaká projde. Např. prostředek s ochranným faktorem 15 pohlcuje 93 % UVB záření a prostředek s ochranným faktorem 30 pohlcuje pouze o 4 % UVB záření více.

SPF se týká pouze ochrany kůže proti vzniku zarudnutí. Ostatní působení UV záření, jako potlačení imunitních pochodů, stárnutí kůže a tvorba nádorů, v SPF není nijak zhodnoceno. Krémy s chemickými UV absorbéry mohou způsobovat alergické reakce kůže. Vhodnější jsou krémy s UV absorbéry založenými na přírodní bázi.

O SPF pojednává podrobněji kapitola [6.1](#).

### 3.4 Ochrana textiliemi

Při dopadu UV záření na textilií může dojít k několika dějům. Jedním je odraz bez průniku do textilního materiálu. Dále může dojít k absorpci záření v textilním materiálu, zejména u hustých a těžkých látek. Zde hraje velkou roli struktura textilie. Konečně UV záření může prostoupit skrz textilií. Dojde k částečnému rozptylu, nicméně záření pronikne až na pokožku člověka.

Trendem je využívat v textiliích UV absorbéry, které zvýší schopnost textilie UV záření pohltit dříve než pronikne na pokožku. O UV absorbérech bude pojednáno v následující kapitole.

## 4 Využití UV absorbérů v textilu

Jak bylo uvedeno v předchozí sekci, ochrana pokožky textilií, potažmo ochrana textilie samotné, před účinky UV záření vyžaduje jisté úpravy.

Mechanické úpravy jako je kalandrování a žehlení omezují pronikání UV záření, příze a jejich vlákna se dostávají blíže k sobě a tím se sníží porozita textilie. Je vhodné použít staplové příze, resp. texturované, spíše než hladké hedvábí – tímto se porozita rovněž snižuje.

Ke splnění vhodných bariérových vlastností, které jsou od textilií požadovány, je nutné do nich aplikovat látky zabezpečující ochrannou funkci. Těmito látkami jsou UV absorbéry vhodné jako přísady do textilií, např. bavlny a viskózy, s maximem UV absorpce. S ohledem na používané techniky se v současnosti tyto prostředky aplikují do vláken jako

- aditiva (nanoaditiva),
- nánosem ve fázi zušlechťování textilií.

### 4.1 Podstata ochrany UV absorbéry

Podstata ochrany pokožky před UV zářením spočívá jak už bylo zmíněno buď v absorpci tohoto záření nebo v jeho rozptýlení před kontaktem s lidskou kůží.

Jako UV absorbéry se používají aromatické sloučeniny obsahující benzenová jádra různých molekulových hmotností, jejichž absorpční spektra leží v oblasti UVB záření. Řada těchto látek účinně oslabuje UV záření a tím také chrání vlákna proti fotodegradaci. Záření je absorbováno jako vibrační energie, která změní molekulární strukturu, tj. vytvoří vazbu mezi fenolickou hydroxidovou skupinou a sousední karbonylovou skupinou ve sloučenině. Dojde k vyzáření tepelné energie a molekula UV absorbéru se vrátí do původního stavu. Používané UV absorbéry jsou obvykle na bázi kyseliny salicylové, benzofenu a benzotriazolu. Sloučeniny na bázi kyseliny salicylové absorbují především UV záření krátkých délek, na druhé straně ale mají velmi nízký bod tání (40–70°C) a snadno sublimují, takže se jako aditiva do vláken nehodí. Benzotriazolové sloučeniny jsou levné a přitom absorbují UV záření v poměrně široké oblasti, takže jsou v praxi nejvíce používány.

K rozptýlení před kontaktem s lidskou kůží se využívají látky, které odrážejí UV záření jsou obvykle na bázi keramiky (např.  $TiO_2$ ). Řada těchto látek toto záření nejen rozptyluje, ale také absorbuje. Jde o keramické prášky s vysokým indexem lomu. K maximu rozptylu dochází, pokud je průměr částí roven polovině vlnové

délky dopadajícího záření. Optimální jemnost prášků je kolem 140–180 nm. Problémem je, že u takto malých průměrů částic roste jejich povrchová energie, což zvyšuje nebezpečí vzniku větších aglomerátů. S ohledem na pohlcování UV záření jsou nejvhodnější  $ZnO$  a  $TiO_2$ . Obě sloučeniny jsou také dostatečně odolné vůči tepelnému záření. Množství těchto látek ve vláknech se pohybuje až do 10 %. Někdy se keramický prach rozptyluje pouze do jádra bikomponentních jádro/plášťových vláken. Keramické prášky také odrážejí infračervené paprsky s délkami nad 700 nm.

## 4.2 Principy úprav textilií

Principem úprav textilií, chránících proti UV záření, je vázání UV absorbérů nebo keramických částic buď absorpcí nebo pomocí povrchového roubování. U polyesterových textilií lze využít toho, že látky typu benzotriazolu (aromatická jádra) jsou schopna vazby na vlákna podobně jako disperzní barviva. Lze tedy použít techniky vysokotepelného barvení s tím, že postačuje 1 % UV absorbéru z hmoty vlákna (dochází k monomolekulární absorpci). Celulózová vlákna mají nízkou afinitu k UV absorbérům a proto se tyto látky většinou dávají do pryskyřičných úprav (např. při realizaci nemačkové úpravy). Opět postačují koncentrace řádově několik procent. Pro docílení ochrany u technických textilií se používá techniky zátěrů nebo nánosů – nezáleží zde příliš na zhoršení omaku.

## 5 Popis a měření dopadajícího záření

UV záření, které projde atmosférou a dopadne až na povrch Země je stejně jako jeho účinky třeba nějakým způsobem měřit, abychom byli schopni sledovat jeho změny a vyhodnocovat účinnost ochranných opatření. K tomu, mimo jiných, slouží metody a veličiny uvedené v této a následující kapitole.

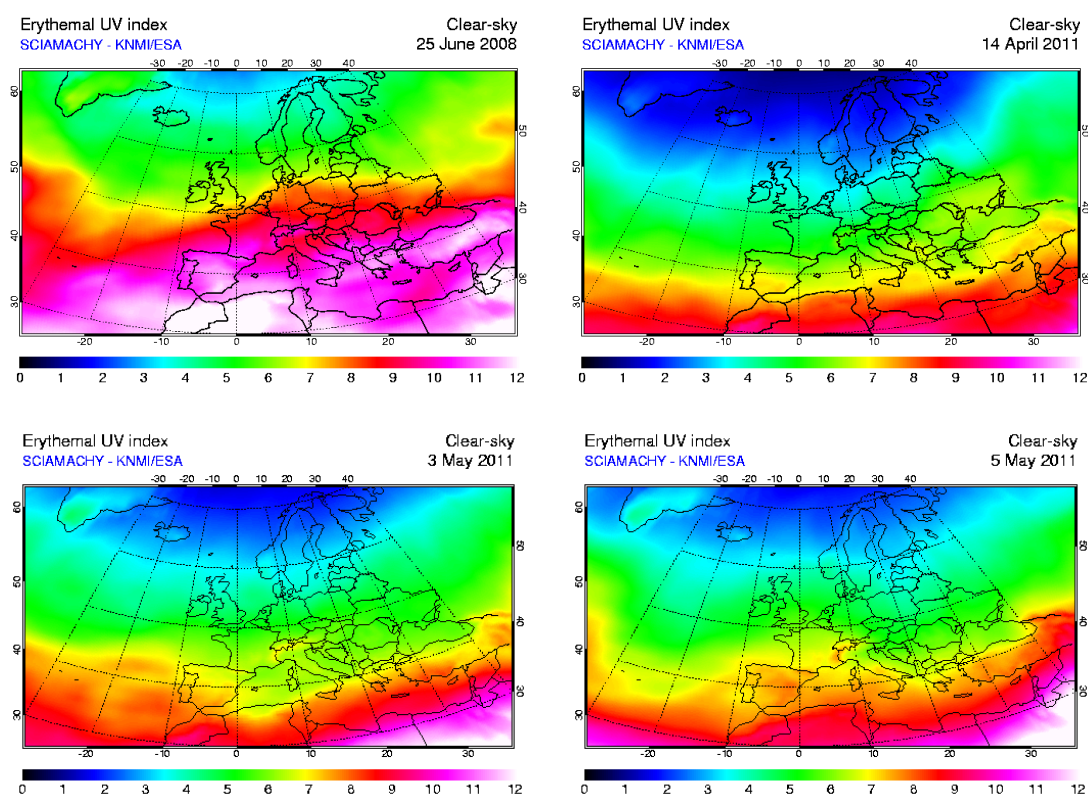
### 5.1 UV index

UV index je mezinárodně uznávaný způsob měření intenzity ultrafialového záření na konkrétním místě a v konkrétním čase. Ovlivňuje ho řada faktorů, např.: zeměpisná poloha, roční a denní doba, oblačnost, nadmořská výška nebo množství ozonu. UV index je číselná škála (0 až 11+) vyjadřující aktuální denní intenzitu slunečního UV záření. Metoda výpočtu je mezinárodně akceptována, proto můžeme srovnávat informace z různých částí světa. Např. v lednu, kdy je v Austrálii

vrchol léta, dosahuje UV index v Melbourne hodnoty 10. Na území České republiky v červnu 2008 se UV index pohyboval okolo hodnoty 9 (viz obrázek 5.1).

Tabulka 5.1: Intenzita UV indexu dle [5]

UV index	Druh expozice
$\leq 2$	Nízká
3–5	Mírná
6–7	Vysoká
8–10	Velmi vysoká
11–více	Extrémní



Obrázek 5.1: Odhad geografického rozložení UV indexu v červnu, v poledne, za slunné oblohy dle [8]

## 5.2 MED (minimal erythemal dose)

MED je pro lidskou kůži definován jako efektivní dávka UV záření, způsobující první pozorovatelný erytém (zarudnutí kůže) s definovatelnými hranicemi, objevující se v oblasti zasažené UV zářením 16–24 hodin po expozici. MED pro nechráněnou kůži bývá označován jako MED<sub>u</sub>, pro kůži chráněnou pak MED<sub>p</sub>. [4]

Efektivní zde znamená, že při jejím stanovení je bráno v úvahu, že účinnost pro krátké vlnové délky UVB je mnohem větší než u dlouhých vlnových délek UVA.

Při měření se k vyjádření efektivní dávky uvažuje, že

$$1 \text{ MED} = 250 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}.$$

Tento vztah definuje minimální dávku pro kůži fototypu II nezbytnou k prokázání počátku zarudnutí. Koeficient 250 se může v různých zemích lišit, tento byl přijato jako standard v Německu, Lucembursku a dalších zemích. Efektivní dávka za hodinu, je pak uvedena v MED / h

$$1 \text{ MED} \cdot \text{h}^{-1} = 250 \text{ J} \cdot (\text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}) = 0,0694 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}.$$

Tento vztah má význam maximální bezpečné doby expozice v hodinách, která před získáním opálení je  $(1/\text{ozáření v MED} \cdot \text{h}^{-1})$ .

Efektivní ozáření může také být vyjádřeno UV-Indexem UVI

$$1 \text{ UVI} = \frac{1}{40} \text{ Watt} \cdot \text{m}^{-2} = 0,025 \text{ Watt} \cdot \text{m}^{-2}.$$

Tato definice je přijata WHO, WMO a mnoha zeměmi, jako Kanada, Nizozemsko, Německo, Lucembursko. Neudává maximální bezpečnou dobu expozice.

Korespondence mezi UVI a maximální dobou expozice závisí na použitém reprezentativním fototypu a citlivosti, které regulační orgány přijaly jako typické.

Stejný seznam UVI může odpovídat různým bezpečným expozičním časům, v závislosti na zemi. (viz například tabulky UVI KNMI - Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut [20]).[16]

Pro ty, kteří přijímají na výše uvedenou definici  $1 \text{ MED} = 250 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$ , vztah mezi UVI a MED / h je

$$1 \text{ MED} \cdot \text{h}^{-1} = \frac{25}{9} \text{ UVI} = 2,778 \text{ UVI}.$$

Každému kožnímu fototypu přísluší minimální zánětlivá dávka (MED) – dávka záření schopná za 24 hodin vyvolat zřetelné zarudnutí kůže. MED je stanovena na základě velkého počtu měření uskutečňovaných na dermatologických pracovištích celého světa. [7]

### 5.3 Fototypy pokožky

V tabulce 2 jsou uvedeny fototypy pokožky, které jsou závislé na fotosenzitivitě jedince a míře pigmentace pokožky. Kožní fototypy jsou vrozené a nemohou být změněny vnějšími vlivy.

Typ kůže I: kůže nápadně světlá, pihy husté, vlasy rezavé, oči modré, zřídka hnědé, prsní bradavky velmi světlé

Typ kůže II: kůže trochu tmavší než I., pihy řídké, vlasy blond až hnědé, oči modré, zelené, šedé, prsní bradavky světlé

Typ kůže III: kůže světlá, světle hnědá, pihy žádné, pigmentové névy hnědé, prsní bradavky tmavší

Typ kůže IV: kůže světle hnědá, olivová, pihy žádné, pigmentové névy tmavé, vlasy tmavé, oči tmavé, prsní bradavky tmavé

Tabulka 5.2: Fototypy pokožky dle [5]

Typ kůže	Označení	Reakce na slunění	Ochranná reakce kůže	Možný čas pro první expozici bez reakce	MED [ $\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$ ]
I.	Keltský typ (2 %)	vždy těžký	žádná červená kůže bez pigmentace, za 1–2 dny se loupe	5–10 minut	200
II.	Evropan se světlou pletí (12 %)	vždy silný	velmi slabá pigmentace, kůže se loupe	10–20 min.	250
III.	Evropan s tmavou pletí (78 %)	zřídka mírný	průměrná reakce s pigmentací	20–30 min.	350
IV.	Středomořský typ (8 %)	téměř nikdy	rychlá reakce, hluboká pigmentace	40 minut	450

## 6 Způsoby popisu ochrany před dopadajícím zářením

### 6.1 SPF (sun protection factor)

Veličina SPF je univerzální indikátor účinnosti ochranných prostředků proti opalování. Hodnota  $\text{SPF}_i$  pro jednotlivce je definována jako poměr MED kůže chráněné

přípravkem a MED kůže nechráněné

$$SPF_i = \frac{MEDp_i}{MEDu_i}. \quad (6.1)$$

Hodnota SPF ochranného přípravku je pak dána střední hodnotou  $SPF_i$  výsledků všech subjektů testu, vyjádřena na jedno desetinné místo. [4]

Přípravky, určené k ochraně proti slunečnímu záření a označené zkratkou SPF, zaručují dočasnou ochrannou účinnost tzv. sunscreenu (ochranu proti slunečnímu záření), která pomáhá zvyšovat obranyschopnost kůže. Tyto přípravky obsahují různé kombinace UV filtrů dle požadovaného stupně ochrany, který se vyjadřuje jako ochranný faktor. Pro nižší stupeň ochrany se používají pouze filtry pro UVB oblast, pro vyšší hodnoty se kombinují filtry pro UVB i UVA oblast záření. Velikost ochrany je ovlivňována nejen koncentrací a druhem UV filtrů, ale celkovou recepturou přípravku. Ochranné prostředky nanesené na kůži působí dvojím způsobem, navozují [11]

- reflexi, případně rozptyl záření (fyzikální, mechanická ochrana),
- absorpci energie záření (chemická ochrana).

Výši ochranného faktoru lze spolehlivě stanovit pouze biologicky ve skupině exponovaných osob. Vztah 6.1 velmi zjednodušeně vzato znamená, že např. u přípravku s ochranným faktorem 4 může exponovaná osoba prodloužit čas slunění do vzniku erytému 4 krát. V úvahu je ovšem třeba vzít smývatelnost prostředku při koupání nebo pocení. Při užívání léků, ale i vlivem alergie (působením pylů některých trav) a v důsledku složení stravy může individuálně citlivost na sluneční záření vzrůstat. Také je důležité zohlednit fototyp pokožky a intenzitu UV záření (UV index). Tento SPF se týká pouze ochrany kůže proti vzniku zarudnutí. Ostatní působení UV záření, jako potlačení imunitních pochodů, stárnutí kůže a tvorba nádorů v SPF není nijak zhodnoceno. [7] Pro stanovení SPF je v současné době v zemích Evropské unie používána metoda „International Sun Protection Factor (SPF) Test Method (2003)“, která má charakter specifické oborové normy. Byla zpracována a vydána společně evropským a japonským sdružením výrobců kosmetických prostředků.[4]

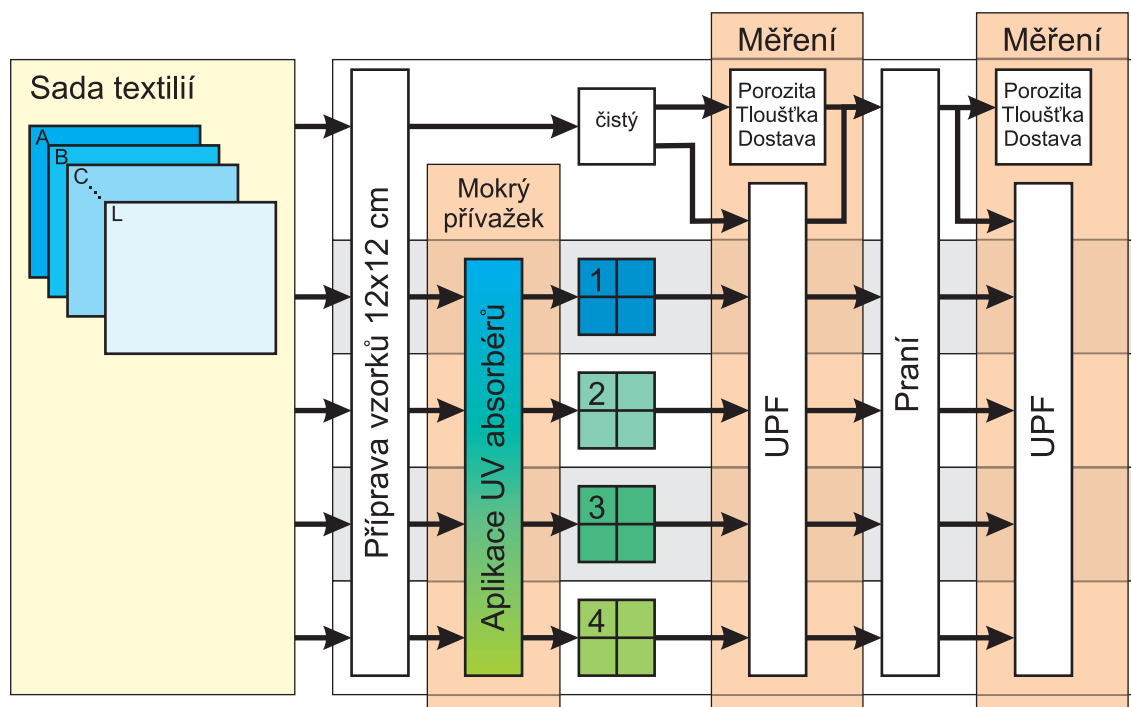
## 6.2 UPF (ultraviolet protection factor)

UPF, podobně jako SPF u opalovacích krémů, vyjadřuje míru ochrany proti UV záření. Je definován jako ukazatel střední hodnoty UV intenzity ozáření, počítaný

pro nechráněnou pokožku, ke střením hodnotě UV intenzity počítané pro pokožku chráněnou pomocí testovaného textilního materiálu. [9] UPF označuje kolik slunečního UV záření je odraženo nebo absorbováno daným textilním materiálem. Textilie s označením 50 budou propouštět pouze 1/50 dopadajících UV paprsků. To znamená, že materiály budou toto záření významně redukovat, protože přes ně prostoupí pouze 2 %. [8] Termín UPF zavedla Australská laboratoř radioaktivního záření (The Australian Radiation Laboratory), která byla také první ve vývoji normy pro testování UV ochrany textilních materiálů používaných pro výrobu oděvů. [10]

## 7 Experimentální část

Cílem této práce bylo zkoumat vliv UV absorbérů na propustnost UV záření různými bavlněnými tkaninami. Zvolit vhodné UV absorbéry a nanést je na sadu bavlněných materiálů různé konstrukce. Upravené textilie otestovat metodikou UPF a ověřit vliv praní. Následně porovnat vlastnosti jednotlivých typů UV absorbérů a vzájemně srovnat s ohledem na jejich praktickou využitelnost.



Obrázek 7.1: Schéma pracovního postupu zkoumání vlivu UV absorbérů na propustnost UV záření tkaninami.

Vycházíme z předpokladu, že přírodní UV absorbéry nebudou mít dobré stá-



losti, a nebudou dobře egalizovat. Jako standard jsme zvolili syntetický UV absorber, který se bude vypírat jen minimálně, a se kterým budeme vzorky srovnávat. Dalším předpokladem je změna ochrany textilie po vyprání. Její struktura by se měla mírně zaplnit a tím by měl vzrůst její ochranný faktor. Až po velkém množství pracích cyklů by tento faktor začal klesat, protože už by docházelo k vypírání textilie, materiál by řídl.

Schéma jednotlivých postupů a jejich návazností znázorňuje obrázek 7.1. Jednotlivé procesy jsou podrobně popsány v následujících kapitolách.

## 7.1 Charakteristika materiálů

Použité materiály byly všechny ze 100 % bavlny. Materiály byly získány od různých výrobců. Označení, název materiálu a druh vazby jsou uvedeny v tabulce 7.1.

Plošná hmotnost byla vážena na laboratorních vahách a je uvedena v tabulce 7.2. Měření tloušťky proběhlo na tloušťkoměru, hodnoty pro jednotlivé vzorky jsou uvedeny v tabulce 7.2. Podrobnější popis měření tloušťky je uveden v kapitole 7.7. Na počítání dostavy nebyla použita speciální technika, hodnoty jsou uvedeny v tabulce 7.1.

Tabulka 7.1: Charakteristika materiálů – 1. část.

Označení	Název materiálu	Vazba	Dostava [počet nití na 10 cm]			
			před praním		po praní	
			osnova	útek	osnova	útek
A	Elmíra	plátno	180	180	180	180
B	Flamer	podélný ryps	260	150	260	160
C	Ikar	štruk	330	200	330	220
D	Karel	kepr	320	140	320	140
E	Mitkal G	plátno	250	200	260	200
F	Opal kepr	kepr	320	190	330	190
G	Opal plátno	plátno	260	210	270	220
H	Polar	atlas 4/1	410	210	430	210
I	Sara	plátno	250	200	260	210
J	Sika	plátno	250	180	260	190
K	Tepna	kepr	380	230	380	230
L	Zuzana	plátno	270	190	270	200

Z každé uvedené textilie byla připravena sada vzorků o velikosti 12 × 12 cm. Velikost sady odpovídala jednomu čistému kusu bez UV absorberu a pak pro každý UV absorber a jeho příslušnou koncentrační řadu odpovídající počet vzorků, jak

Tabulka 7.2: Charakteristika materiálů – 2. část.

Označení	Tloušťka		Plošná hmotnost [g·m <sup>-2</sup> ]	Porozita		Mokrý přivažek [%]
	před praním [mm]	po praní [mm]		před praním [%]	po praní [%]	
A	0,44	0,48	135	3,5881	0,8494	81,9
B	0,37	0,48	150	4,1052	2,4052	79,5
C	0,4	0,5	155	1,6374	1,0195	74,3
D	0,56	0,69	270	0,0413	0,0199	65,1
E	0,31	0,35	115	10,2702	8,3987	89,6
F	0,38	0,44	215	0,0059	0,0034	50,2
G	0,25	0,34	140	2,1797	1,9603	66,6
H	0,47	0,61	210	0,0139	0,0022	68,4
I	0,32	0,38	140	5,1482	3,7037	80,9
J	0,22	0,32	115	7,2883	4,833	77,7
K	0,34	0,38	155	1,1543	0,7686	70,9
L	0,29	0,36	140	6,8224	3,1867	76,8

znázorňuje obrázek 7.1 výše.

## 7.2 UV absorbéry

Z široké nabídky UV absorbérů jsme vybrali takové, které mají obdobné dávkování.

### 1. UV-SUN CEL LIQ firmy Huntsman

- Reaktivní UV absorbér
- Iontový charakter: aniontový
- Fyzikální stav: běžová emulze
- Ekologie/toxicita: běžné hygienické a bezpečnostní předpisy pro zacházení s chemikáliemi by měli být dodržovány při skladování, manipulaci a použití. Výrobek nesmí být polykán.

### 2. TiO<sub>2</sub> (AEROXIDE TiO<sub>2</sub> P25, firmy Degussa)

### 3. TiO<sub>2</sub> (výrobní označení 100610/1, firmy Precheza Přerov)

### 4. Výtažek z eukalyptu (extrakt z listů)

Všechny UV absorbéry jsme aplikovali několika různými koncentracemi. Po aplikaci jsme proměřili hodnoty UPF u upravených i neupravených vzorků a vzorky vyprali. Po praní jsme u všech vzorků znovu změřili UPE.

### 7.3 Použité chemikálie

Pro UV absorbér č.1:

- Vodní sklo  $70 \text{ ml}\cdot\text{l}^{-1}$  ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) – stabilizační prostředek
- Hydroxid sodný  $20 \text{ ml}\cdot\text{l}^{-1}$  38 °Bé ( $\text{NaOH}$ ) – alkálie
- Chlorid sodný  $\text{NaCl}$   $5 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$

Pro UV absorbéry č. 2 a 3:

- Spolion  $1 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$
- Isopropylalkohol (IPA)  $200 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$

Pro UV absorbér č. 4

- nebyly použity žádné dalších chemikálie

### 7.4 Aplikace UV absorbérů

Připravené vzorky jednotlivých textilií byly zváženy v suchém stavu před aplikací UV absorbéru.

Připravili jsme lázně pro jednotlivé UV absorbéry podle zvolených koncentračních řad, uvedených v tabulce 7.3, a příslušných chemikálií, uvedených včetně množství v předchozí kapitole 7.3.

Tabulka 7.3: Koncentrační řady UV absorbérů.

UV absorbér	Jednotka	Koncentrační řada					
č. 1	$[\text{g}\cdot\text{l}^{-1}]$	0	2	10	30	50	80
č. 2	$[\text{g}\cdot\text{l}^{-1}]$	0	0,2	0,5	1	2	
č. 3	$[\text{g}\cdot\text{l}^{-1}]$	0	0,2	0,5	1	2	
č. 4	$[\text{ml}\cdot\text{l}^{-1}]$	1	5	10	20	50	100

Samotná aplikace UV absorbérů byla provedena technologií PAD – BATCH (kločování – odlezení) po dobu 1 minuty. Po nakločování byly vzorky odmačknuty na fuláru Mathis CH-8156, pod provozním tlakem 0,4 MPa a rychlostí  $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Takto připravené vzorky jsme znovu zvážili a nechali usušit. Hodnoty, získané z vážení, jsme použili pro výpočet mokrého přívažku, který je podrobněji popsán v kapitole 7.5.

Pro UV absorbér č. 1 byla použita koncentrační řada, uvedená v tabulce 7.3. Výrobce je uváděno doporučené dávkování 15–50 g·l<sup>-1</sup>. Toto doporučení jsme překročili, abychom zjistili jak UV absorbér reaguje mimo doporučené hranice na našich materiálech. Další použité chemikálie byly doporučeny výrobcem.

Před aplikací UV absorbérů č. 2 a 3 byly lázně homogenizovány na ultrazvukové kompaktní čističce. Chemikálie a jejich koncentrace jsme zvolili po předchozích slepých pokusech s různými chemikáliemi o různých koncentracích. V prvním testu jsme vytipovali vhodné látky, jejichž přesné koncentrace jsme ověřili v testu druhém.

**Test č.1:** Malé množství TiO<sub>2</sub> jsme smíchali s vodou a nechali krátce pod ultrazvukem homogenizovat. Homogenizovanou směs jsme rozlili do 10 zkumavek a přidali malá množství náhodně vybraných chemikálií za účelem zjištění jejich působení na stabilitu roztoku. Výsledky jsou patrné z tabulky 7.4.

Podle výsledků, uvedených v tabulce 7.4 jsme pro zpřesňující test vybrali Spolion (zkumavka č. 1) a IPA (zkumavka č. 8) v menší koncentraci, i přesto, že tyto chemikálie mírně sedimentovaly. Téměř nesedimentující IPA ve vysoké koncentraci (zkumavka č. 9) jsme nevyužili z důvodu velké spotřeby chemikálie.

Tabulka 7.4: Volba chemikálií pro udržení homogenní lázně – 1. test.

Číslo zkumavky	Chemikálie	Výsledek
1	Spolion S 50 g·l <sup>-1</sup>	po týdnu mírná sedimentace
2	Kyselina octová čistá C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	sedimentace 5. den
3	Syntapon ABA	sedimentace 2. den
4	Kyselina mravenčí čistá CH <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (85–87 %)	sedimentace po 20 minutách
5	Soda kalc. Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	sedimentace po 20 minutách
6	Chlorid sodný NaCl	sedimentace po 20 minutách
7	Etylalkohol 96 % (VV)	sedimentace 5. den
8	Isopropylalkohol IPA	po týdnu mírná sedimentace
9	Isopropylalkohol IPA (větší množství)	po týdnu nesedimentuje
10	TiO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O	sedimentace po 20 minutách

**Test č.2: (upřesňující)** Připravili jsme si 200 ml vodného roztoku TiO<sub>2</sub> o koncentraci 1 g·l<sup>-1</sup> a nechali homogenizovat 2 minuty při 50% výkonu. Do 16 zkumavek

jsme nalili vždy 4 ml TiO<sub>2</sub> a kombinace koncentrací chemikálií Spolion S a IPA podle tabulky 7.5. Celek jsme doplnili vodou do 10 ml, protřepali a nechali stát. Hodnocení bylo provedeno 3. den s výsledkem uvedeným v tabulce. Vybrána byla varianta koncentrací ze zkumavky č. 7 pro dobré vlastnosti a nízkou spotřebu chemikálií.

Tabulka 7.5: Volba chemikálií pro udržení homogenní lázně – zpřesňující test.

Číslo zkumavky	Spolion S [g·l <sup>-1</sup> ]	IPA [g·l <sup>-1</sup> ]	Výsledek
1	0	0	vysrážený pigment
2	0	50	vysrážený pigment
3	0	200	vysrážený pigment
4	0	500	vysoká koncentrace IPA
5	1	0	čirá hladina nad suspenzí
6	1	50	sedimentuje mírně
7	1	200	<b>nesedimentuje</b>
8	1	500	vysoká koncentrace IPA
9	4	0	čirá hladina nad suspenzí
10	4	50	nesedimentuje
11	4	200	nesedimentuje
12	4	500	vysoká koncentrace IPA
13	10	0	čirá hladina nad suspenzí
14	10	50	nesedimentuje
15	10	200	nesedimentuje
16	10	500	vysoká koncentrace IPA

Pro UV absorbér č. 4 nebyly použity žádné dalších chemikálie. Zásobní roztok byl připraven ze 70 g eukalyptového prášku, doplněného do 1 litru vodou, tuto směs jsme povařili a přefiltrovali. Koncentrační řada zásobního roztoku byla zvolena dle tabulky 7.3.

## 7.5 Mokrý přívazek

Před aplikací UV absorbérů jsme jednotlivé vzorky zvážili, po nanesení absorbéru a odmačknutí jsme vzorek znovu zvážili. Ze získaných hodnot jsme vypočítali mokrý přívazek, viz tabulka 7.2 podle vztahu 7.1.

$$mp = \frac{m_m - m_s}{m_s} \cdot 100 [\%], \quad (7.1)$$

kde  $m_m$  [g] je hmotnost mokrého vzorku a  $m_s$  [g] hmotnost suchého vzorku. Tyto hodnoty slouží k reprodukovatelnosti práce.

## 7.6 Porozita

Porozita tkanin (resp. pletenin) vyjadřuje poměr mezi plochou pórů (děr mezi nitěmi) a celkovou plochou tkaniny. [11] Častěji se však uvádí definice zakrytí, tedy poměr plochy zakryté nití k celkové ploše textilie. [17] Součet porozity a zakrytí je roven jedné resp. 100 %. Čím více se hodnota porozity blíží k nule, tím méně obsahuje tkanina pórů. Pórovitost je základní vlastností textilií a ve velké míře na ní závisí velikost ochranného faktoru UPE.

Jak uvádí výrobce UV absorbéru č.1, ideální porozita, aby měla aplikace smysl, je 1,5–2,5 %.

Měření porozity bylo provedeno na katedře textilních technologií FT TU v Liberci, pomocí optického mikroskopu Nikon Eclipse E200 a programu NIS-Elements AR 3.10. Výsledná porozita byla spočítána pomocí programu v Matlabu.

Do mikroskopu jsme vkládali jednotlivé vzorky tkaniny, které byly prosvíceny světlem, nitě se jevily jako tmavé plochy a póry jako světlé. Kamera fotila jednotlivé snímky. Program byl nastaven tak, aby přímo prováděl prahování. Odstíny šedé převedl do binární podoby, tzn. šedé body byly podle intenzity šedi rozděleny do bodů patřících přízím a bodům patřících pórům. Z každé tkaniny bylo nasnímáno 180 snímků z 300 cm<sup>2</sup> a statisticky vyhodnocena porozita pomocí Matlabu.

Toto měření bylo provedeno dvakrát na vzorcích bez jakýchkoli úprav. Poprvé před praním a podruhé po vyprání. Výsledné hodnoty porozity získané z Matlabu jsou uvedeny v tabulce 7.2, podrobnější informace, tedy směrodatná odchylka, rozptyl a variační koeficient jsou uvedeny v tabulce A.1 v příloze.

Příklady fotografií porozity jsou uvedeny v příloze A.1.

## 7.7 Měření tloušťky textilií

Tloušťka tkaniny je dalším faktorem, který ovlivňuje ochranný faktor UPE.

Tloušťku jsme měřili na katedře textilních materiálů FT v Liberci, pomocí tloušťkoměru Maďarské výroby (UNI – THICKNESS – METER) podle normy ČSN EN ISO 5084 (třídící znak 800844).

Přístroj byl nastaven podle ČSN na běžné tkaniny, tedy:

- tlak 1 kPa,
- plocha čelisti 1000 mm<sup>2</sup>,
- čas zkoušky 30 s.

Do přístroje jsme vkládali jednotlivé vzorky a spustili měření. Čelist sjela k měřnému materiálu, vyrovnala tlak a po 30 sekundách přístroj zobrazil výslednou hodnotu. Tloušťku jsme proměřili u vzorků, na které nebyly nanесeny UV absorbéry, před praním i po praní.

## 7.8 Měření UPF

Pro měření UPF jsme připravili vzorky o přibližné velikosti  $6 \times 4$  cm, na přesných rozměrech nezáleželo. Bylo důležité, aby materiál nebyl příliš malý, protože by se špatně vkládal do měřicí hlavy, ani aby nebyl příliš velký, tak by mohl bránit správnému průchodu světelných paprsků při měření a tím zanášel velké chyby měření. Měření bylo provedeno na širokospektrálním spektrofotometru UV-3101 PC firmy SHIMADZU. Přístroj měří v rozsahu 190–3100 nm. Pro účely této práce byl využit rozsah 290–400 nm, což odpovídá rozsahu vlnových délek UVA a UVB záření.

Jednotlivé vzorky jsme vkládali do měřicí hlavy, poté systém proměřil vzorek dvakrát za sebou a v počítačovém programu vypsál do tabulky naměřené hodnoty. Tyto hodnoty jsme vložili do excelu a pomocí programu v něm přepočítali na hodnoty UPF podle vztahu 7.2

$$UPF = \frac{\sum_{290}^{400} E_{\lambda} \cdot S_{\lambda} \cdot \Delta\lambda}{\sum_{290}^{400} E_{\lambda} \cdot S_{\lambda} \cdot T_{\lambda} \cdot \Delta\lambda}, \quad (7.2)$$

kde  $\lambda$  je vlnová délka,  $E$  erythemální spektrální účinnost,  $S$  solární účinnost,  $T$  spektrální transmitance vzorku.  $E$  a  $S$  jsou tabulkové hodnoty.

## 7.9 Praní textilií

Pro praní vzorků jsme použili normovaný prací prostředek ECE NON Phosphate Reference Detergent (A) od firmy SDC Enterprises Limited, který neobsahuje opticky zjasňující látky.

Pro praní jsme si vzorky připravili tak, že jsme je jednotlivě navlékali na nit a mezi dvěma sousedními vzorky udělali uzlík. Spolu jsme prali vždy jen jeden UV absorbér, aby nedocházelo k zanášení cizích částic.

Praní probíhalo v lázních o koncentraci 1:50, použili jsme  $4 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$  pracího prášku, teplota vody byla  $40^{\circ}\text{C}$ , délka pracího cyklu 30 minut. Praní jsme intenzifikovali mícháním tyčinkou. Následovalo máchání, 1x voda o teplotě  $40^{\circ}\text{C}$  a 2x voda o teplotě

20°C, všechna 3 máchání trvala 5 minut. Po třetím máchání jsme vzorky vyždímali a na niti nechali uschnout, dbali jsme na to, aby se sousední vzorky nedotýkaly.

Po usušení vzorků byla znovu provedena měření porozity, tloušťky, dostavy a UPF.

Protože jsme předpokládali, že se přírodní UV absorbéry budou vypírat, nechali jsme nafotit snímky tkanin na rastrovacím elektronovém mikroskopu. K tomu jsme vybrali anorganický UV absorbér, protože jsme vyšli z předpokladu, že na textilií krystalizuje a tyto krystaly budou snadno pozorovatelné. Pro focení jsme vybrali tkaniny A, D, G a L, protože mají různé konstrukční parametry. Pro srovnání stavu jsou vyfoceny tkaniny před aplikací UV absorbéru, po aplikaci UV absorbéru a po praní vzorku s UV absorbérem. Obrázky jsou uvedeny v příloze A.2.

## 7.10 Barevnost textilií

Velkou roli z hlediska ochrany před UV zářením hraje i barva textilie. Je zřejmé, že černá barva bude dosahovat nejlepších výsledků, protože dojde k pohlcení záření. Nejhorších výsledků dosáhne barva bílá, ta je však velmi oblíbená z hlediska módnosti a pohodlnosti v letních měsících. Protože nepohlcuje záření, nevytváří ani teplo. Pro tuto práci byly vybrány neobarvené textilie.

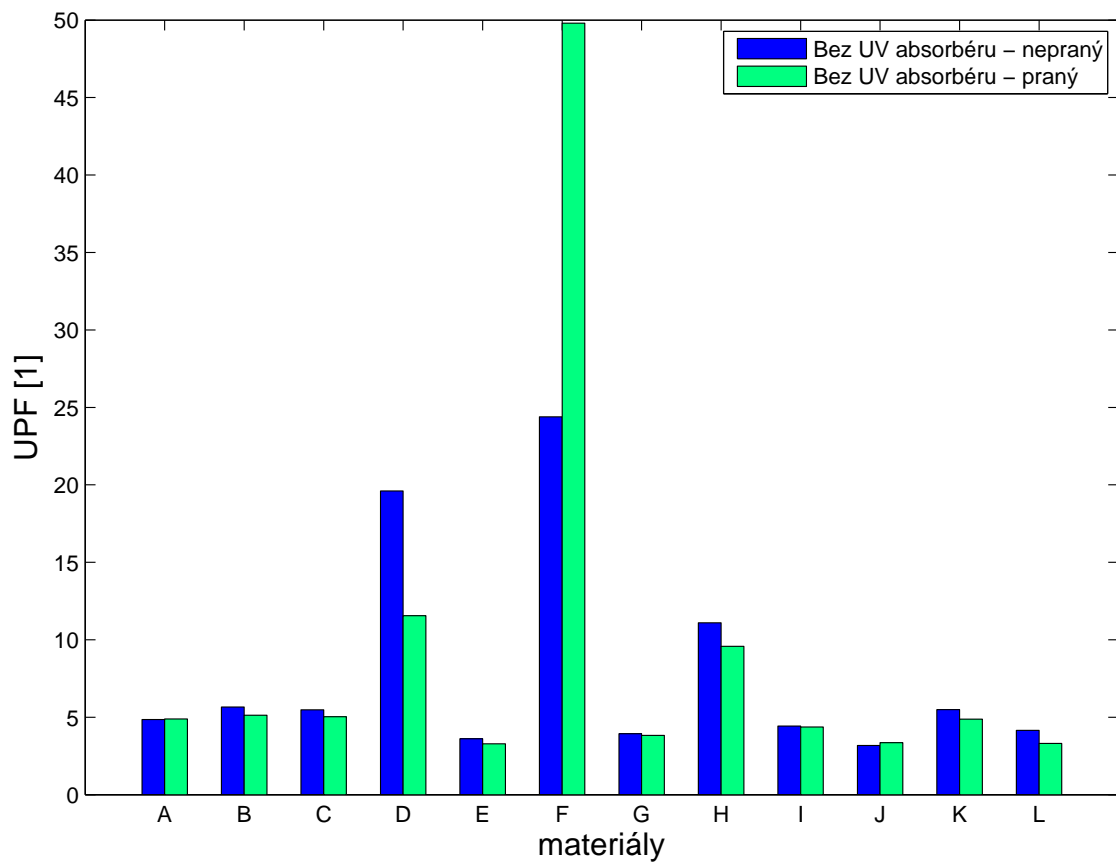
## 7.11 Výsledky

Po praní vzorků bez UV absorbérů by hodnota UPF měla vzrůst nebo zůstat stejná, protože praním dojde k „rozvolnění“ struktury a zvýší se zakrytí. Celý proces závisí na množství faktorů a velkou roli hraje struktura a předúprava vzorků. Výsledky téměř všech vzorků dopadly podle předpokladu, pouze materiál „D“ se projevuje výrazně jinak než jsme předpokládali, jak je patrné z grafu 7.2. Částečně by se to dalo vysvětlit změnou tloušťky. Tento materiál měl sice velmi nízkou porozitu, ale ta byla měřena pomocí viditelného spektra. Protože nevíme, jakým způsobem prochází sluneční záření daným materiálem, je také možné, že vlákna sice zakryla prostop viditelnému světlu, ale ultrafialové záření mohlo proniknout pomocí odrazu.

Graf 7.3 a další obdobné grafy, uvedené v příloze A.3, znázorňují všech 12 sledovaných materiálů. Protože křivky tkanin D, F a H dosahují výrazně vyšších hodnot UPF nežli ostatní, jsou na spodním grafu tyto tkaniny odmazány, aby byl zřetelnější průběh křivek ostatních materiálů.

Jak je vidět z průběhů na grafu 7.3 UV absorbéru č. 1, je prakticky zbytečné pokračovat výrobcem doporučené dávkování. Hodnota UPF stoupá jen neznatelně





Obrázek 7.2: Porovnání hodnot UPF pro čistý praný a nepraný materiál.

a u některých materiálů dokonce klesá. Podle této charakteristiky poznáme i u dalších UV absorbérů, jestli ještě můžeme pokračovat ve vyšších koncentracích, nebo jestli jsme už za maximem.

V případě UV absorbéru č. 2 (graf A.15) jsme v rozsahu zvolené koncentrační řady nenalezli maximum křivky UPF. I pro vysoké koncentrace hodnota UPF stále roste.

Graf A.16 UV absorbéru č. 3 nemá předpokládaný průběh rostoucí křivky. Jedním z možných vysvětlení je, že při přípravě nebo aplikaci roztoku na textilií došlo k chybě a to zřejmě u koncentrace  $0,5 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ . Tomu by se dalo předejít tím, že bychom celý pokus vícekrát zopakovali. To je však velmi náročné na spotřebovaný materiál i čas.

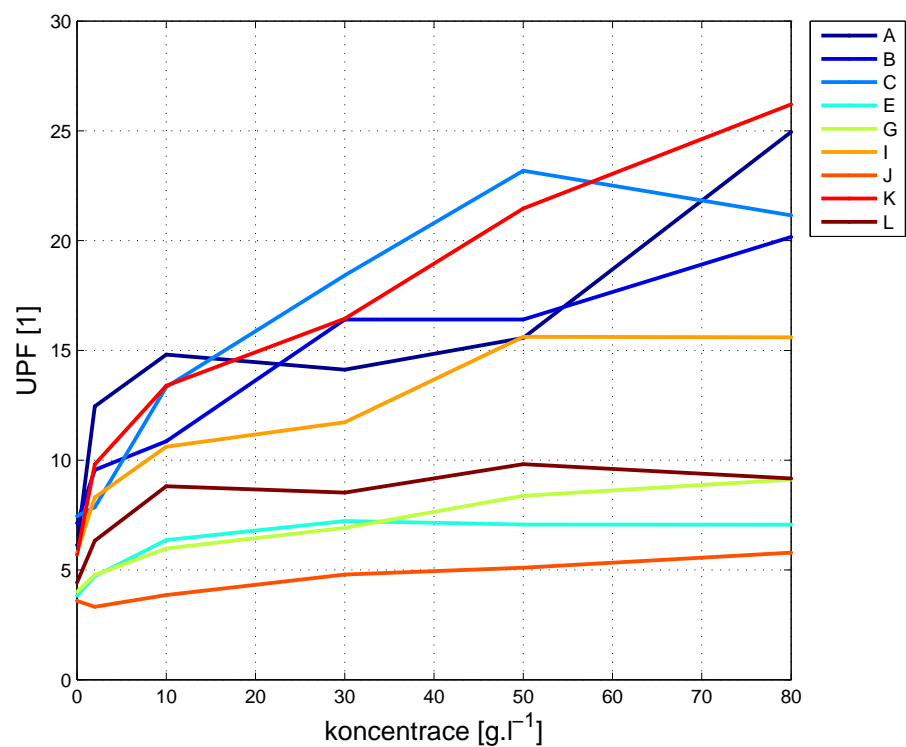
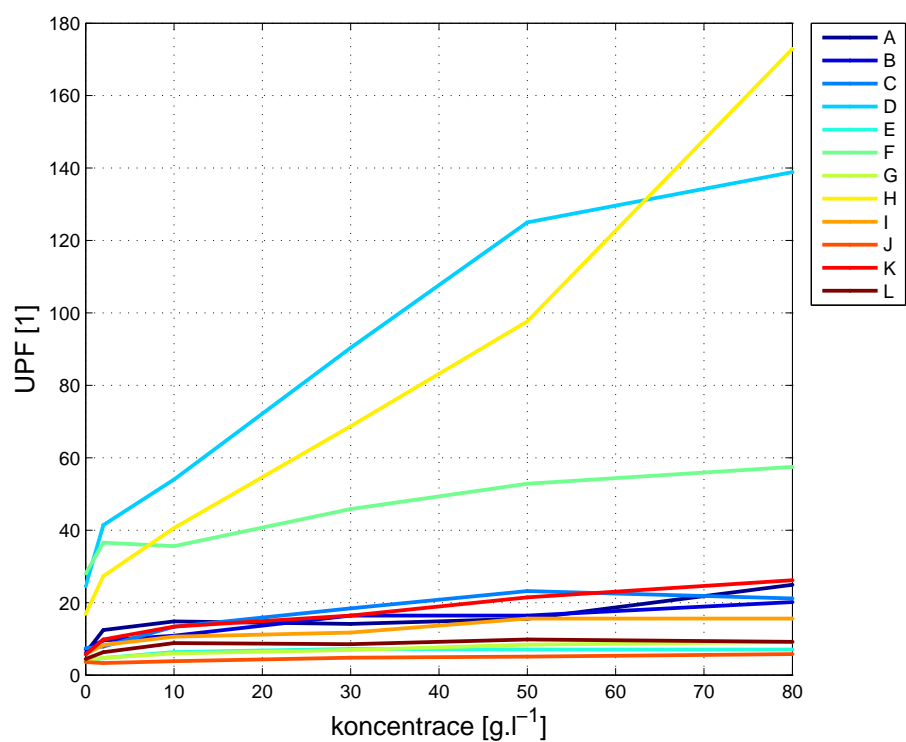
Z grafu A.17 UV absorbéru č. 4 stejně jako v případě grafu 7.3 vidíme pokles hodnoty UPF pro vysoké koncentrace. Maximální hodnoty UPF jsme tedy dosáhli při koncentracích nižších. Problémem je neegální vytažení tohoto přírodního UV absorbéru.

Grafy A.18, A.19, A.20 a A.21 znázorňují stejné křivky jako předchozí ale po vyprání. Pro detailnější porovnání průběhu hodnot UPF před a po praní slouží graf 7.4 a další obdobné grafy, uvedené v příloze A.4.

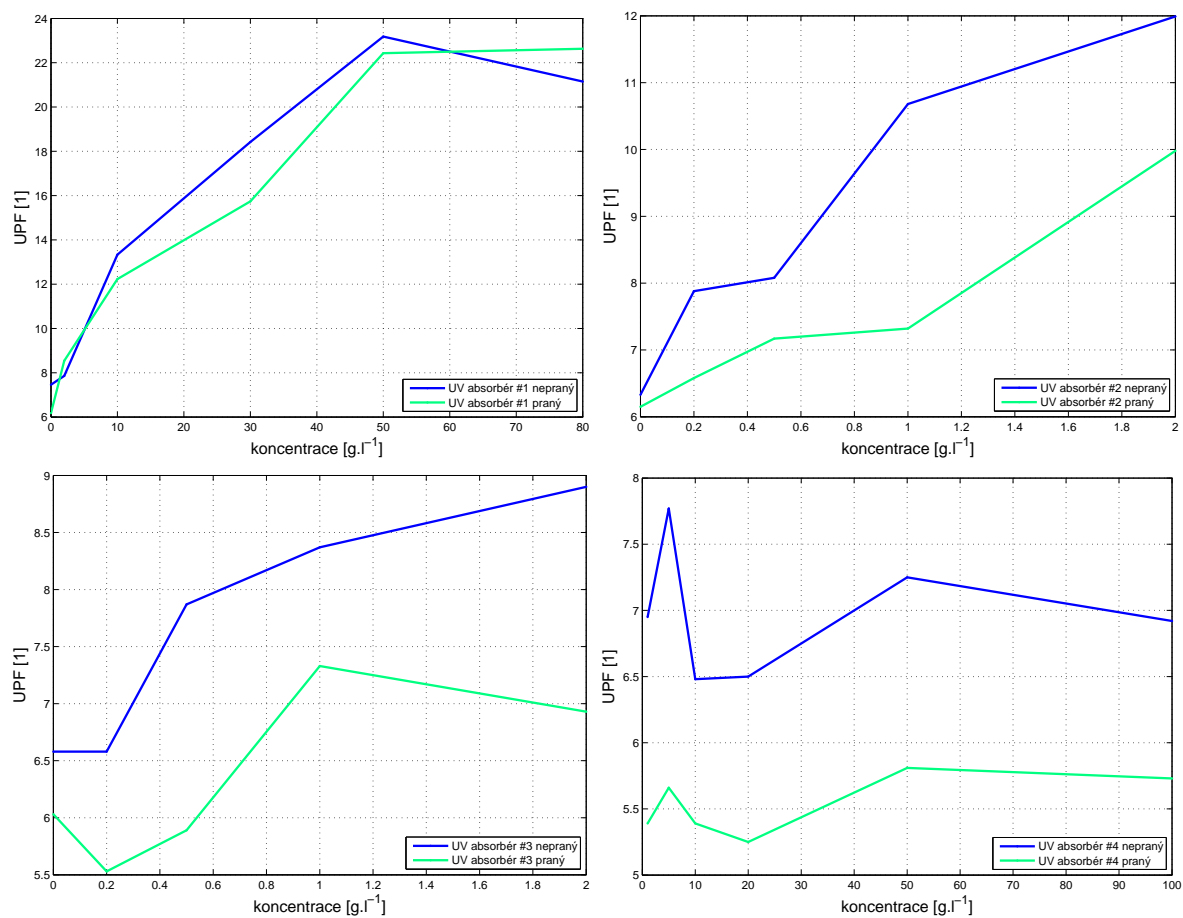
porovnání nepraných a praných vzorků

Na grafu 7.4 pro UV absorbér č. 1 vidíme, že po vyprání hodnota UPF v intervalu doporučeného dávkování mírně klesla. To je způsobeno mírným vypíráním absorbéru. U některých jiných tkanin je pořadí křivek obrácené, jak dokumentují grafy v příloze A.4. UV absorbér se sice částečně vypere, ale klesne porozita vlivem praní, takže celkově hodnota UPF stoupne. U ostatních UV absorbérů je vidět vysoké seprání účinné látky, protože tyto látky nemají pevné vazby s textilním materiálem.

Z důvodu velkého množství grafů, pro jednotlivé kombinace UV absorbérů a vzorků textilií, uvádíme v této kapitole vždy jen jeden ilustrační graf a ostatní jsou uvedeny v příloze. Graf pro UV absorbér č. 1 jsme vybrali proto, že nám syntetický UV absorbér sloužil jako standard, se kterým jsme porovnávali UV absorbéry přírodní. Graf, porovnávající hodnoty UPF před praním a po praní, jsme vybrali pro materiál C, protože měl přehledné křivky, které odpovídaly předpokladům práce.



Obrázek 7.3: Grafy závislosti UPF na koncentraci UV absorbéru č. 1 pro všechny sledované tkaniny před praním.



Obrázek 7.4: Porovnání hodnot UPF před praním a po praní materiálu C pro všechny UV absorbery.

## 8 Závěr

Cílem této práce bylo porovnat přírodní UV absorbéry se syntetickými, běžně používanými UV absorbéry a zjistit, dají-li se syntetické nahradit přírodními. Například z důvodů alergických reakcí, nebo jen proto, že je zrovna móda vyhýbat se syntetice.

V práci jsme popsali tkaniny podle různých strukturně geometrických hledisek a hledali vliv na hodnotu UPF.

Při rozhodování mezi variantou, kdy budeme měřit méně druhů tkaniny, ale vícekrát a získáme tedy přesnější informace, jsme dali přednost variantě proměřit co nejvíce typů tkanin a získat spíš trendové hodnoty, než-li silné závěry podložené minimálně 10 měřeními. Z grafů je patrné, že do měření vstupují chyby, způsobující odchylky některých měřených hodnot od očekávaného trendu. Provedením více měření a jejich statistickým vyhodnocením by se takovým chybám dalo do jisté míry zabránit.

Jak ukazují grafy, námi vybrané UV absorbéry nejsou schopny přímé aplikace. Mají velmi špatné stálosti. Problémem UV absorbéru č.4 (výtažek z eukalyptu) je, že nevytahuje egálně. Možným řešením je vyzkoušet aplikovat jej spolu s egalizačními prostředky, my jsme jich nevyužili proto, že jsme chtěli znát efekt bez přidání dalších látek. Když porovnáme naměřené hodnoty eukalyptu před praním a po praní, zjistíme, že limitní hodnoutou je  $50\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ . Když jsme použili vyšší koncentraci, hodnota UPF buď zůstala stejná, mírně rostla nebo v některých případech dokonce klesala.

V této fázi našeho experimentu nejsme schopni dosáhnout vyšších stálosti u UV absorbérů přírodních. Bylo by však zajímavé dále se touto problematikou zabývat a nalézt pevnější vazby umožňující reálné využití.

Další pokusy by také mohly probíhat se ZnO, který je další možný zástupce třídy anorganických UV absorbérů.

Ani nejvyšší stupeň ochrany na oblečení člověku nepomůže, pokud nebude znát a dodržovat základní pravidla. Zbytečně se nevystavovat slunci, používat ochranné krémy a další pomůcky. A pravidelně si nechat kontrolovat znaménka u lékaře.

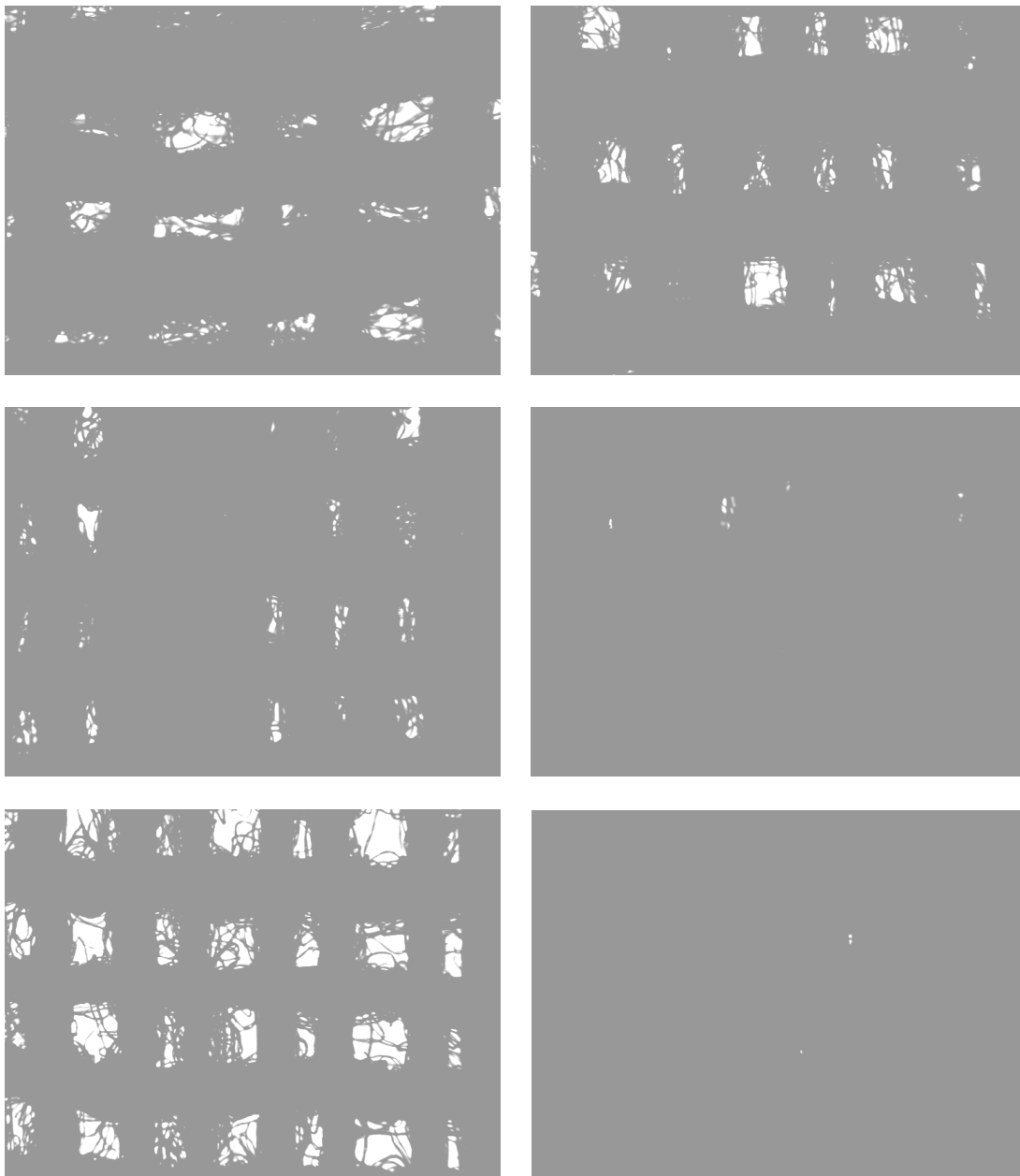
## Literatura

- [1] Müller, W. Textilien / Kulturgeschichten von Stoffen und Farben. Ecomed. Landsberg, 1997.
- [2] Schweppe, H. Handbuch der Naturfarbstoffe. Ecomed, 1993.
- [3] Kryštůfek, J., Wiener, J. Barvení textilií I. Skriptum TU v Liberci. Liberec, 2008.
- [4] Gardiner, J. et al. International Sun Protection Factor (SPF) Test Method. Colipa, CTFA SA, JCIA, CTFA, 2006.
- [5] Ministerstvo zdravotnictví České Republiky. URL: <[www.mzcr.cz](http://www.mzcr.cz)>.
- [6] Militký J. Speciální vlákna. Přednášky. Technická univerzita v Liberci, Liberec 2005.
- [7] Jirásková, M., Jirásek, L. Jak chránit kůži proti působení záření? Světlo. 2002, no. 3.
- [8] Viková, M. Přednášky z textilní fyziky. Technická univerzita v Liberci.
- [9] Hoffmann, K. et al. Defined UV Protection by Apparel Textiles. Arch Dermatol. 2001, vol. 137, no. 8, p. 1089-1094.
- [10] Day, M. UPF Fashion: Leader's Guide. Textile Associate, ATID, Kansas State University, 2001.
- [11] Petrásková, D. Propustnost ultrafialového záření textilií. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci, 2008.
- [12] Machaňová, D. Ekologické aspekty textilních procesů. Kapitola 1 – Základy ekologie. Technická univerzita v Liberci.
- [13] Lajčiková, A. WHO k problematice opalování v soláriích [online]. 2004 [cit. 2009-06-04]. Dostupný z WWW: <[www.khsbrno.cz/katalog/souodkaz/hok\\_who\\_solaria.doc](http://www.khsbrno.cz/katalog/souodkaz/hok_who_solaria.doc)>.
- [14] Kindersley, D. 1001 otázka a odpověď. 1. vyd. Bratislava : TIMY spol. s.r.o., 1996. ISBN 80-88799-24-4.
- [15] Hughes, J. Velká obrazová všeobecná encyklopedie. Svojtka & Co., 1999. ISBN 80-7237-256-4.

- [16] Massen, F., Harpes, N. The UV-Index Poster (UVI) [online]. 1997 [cit. 2011-04-20]. Dostupný z WWW: <[http://meteo.lcd.lu/papers/uv/uvi/uvi\\_03.html](http://meteo.lcd.lu/papers/uv/uvi/uvi_03.html)>.
- [17] Neckář, B. Přednášky z předmětu Struktura a vlastnosti textilií. Technická univerzita v Liberci.
- [18] Bednář, J. Pozoruhodné jevy v atmosféře: atmosférická optika, akustika a elektřina. Praha: Academia, 1989 - 240 s. ISBN 80-200-0054-2
- [19] Bednář, J., Zikmunda, O. Fyzika mezní vrstvy atmosféry. Praha: Academia, 1985 - 248 s.
- [20] KNMI - Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut. URL <<http://www.knmi.nl/>>.
- [21] Pekárek, L., Štístek, P., Jelínek, L. Neionizující záření – expozice a zdravotní rizika. Praha : Národní referenční laboratoř pro neionizující elektromagnetická pole a záření, 2006.
- [22] Šašek, J., Kopecký, J., Kožíšek, F. Problematika desinfekce vody UV zářením. 2001. Pardubice.

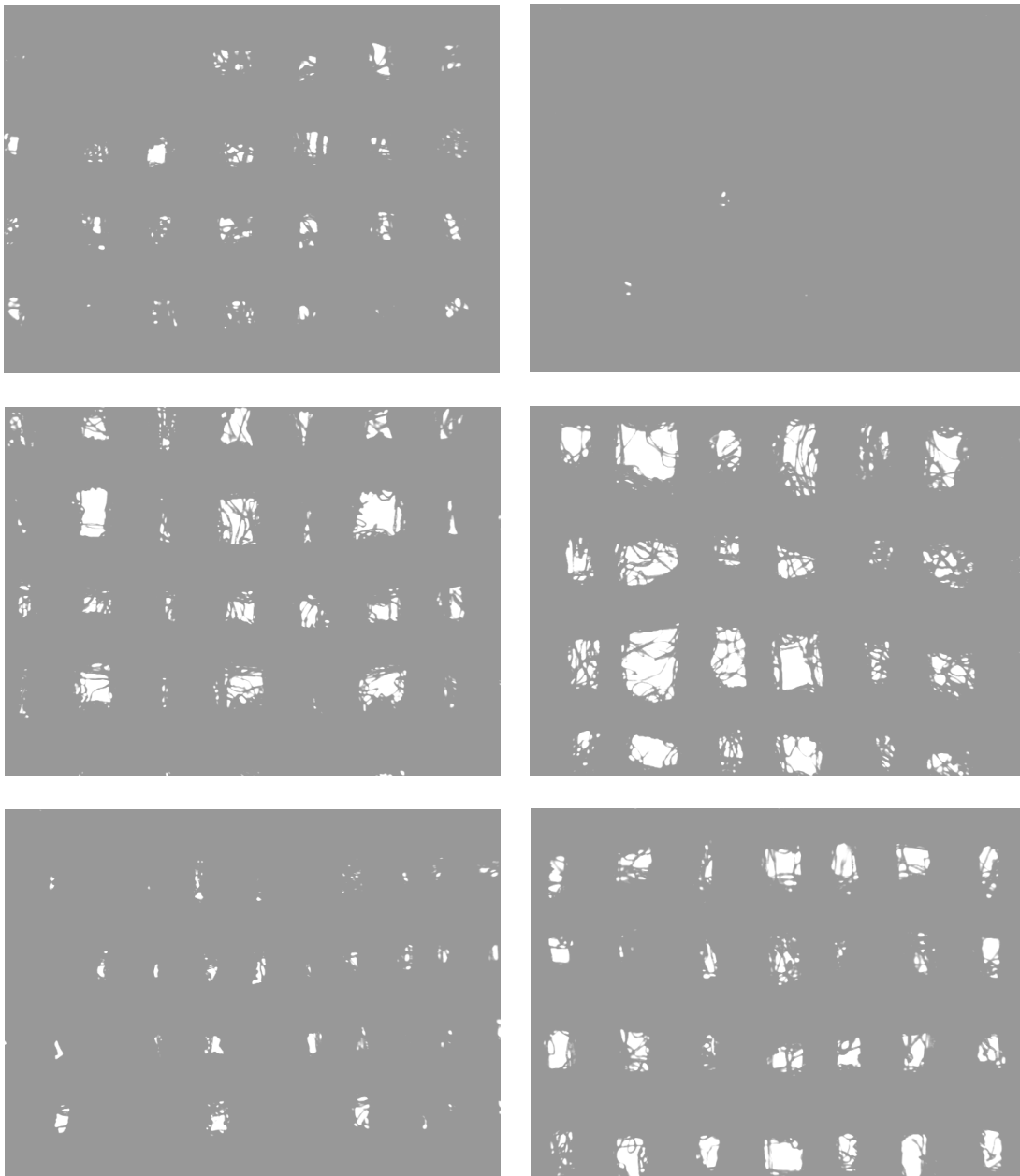
## A Přílohy

### A.1 Ukázky porozity jednotlivých tkanin



Obrázek A.1: Příklady fotografií porozity textilií A–F.





Obrázek A.2: Příklady fotografií porozity G–L.

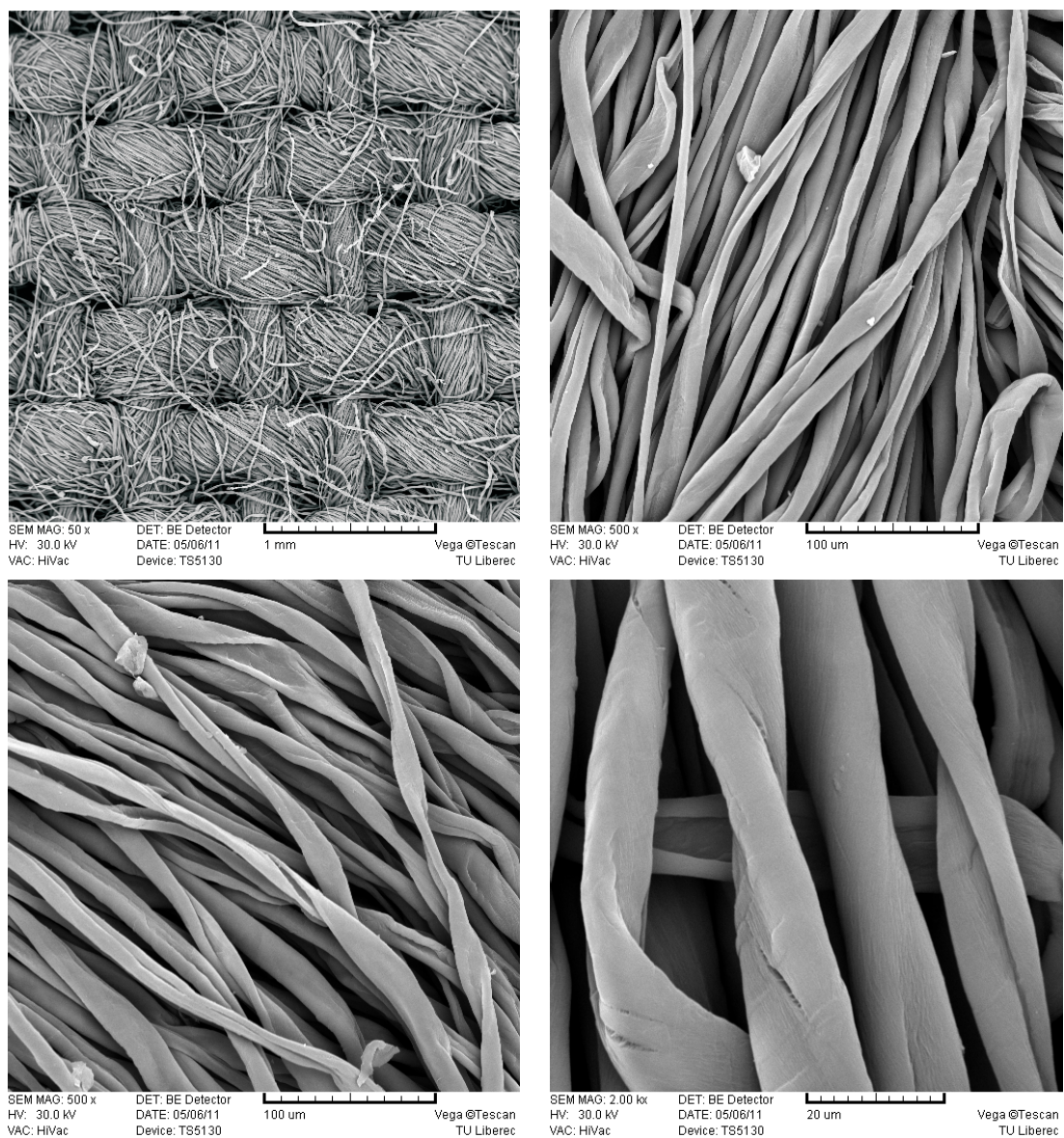
Tabulka A.1: Parametry porozity jednotlivých textilií.

Označení	Před praním			
	Porozita	Směrodatná odchylka	Rozptyl	Variační koeficient
A	3,5881	1,5217	2,3156	42,4102
B	4,1052	1,5907	2,5303	38,7488
C	1,6374	0,7057	0,498	43,0952
D	0,0413	0,0919	0,0084	222,6531
E	10,2702	2,4181	5,847	23,5444
F	0,0059	0,01	$1,0092 \cdot 10^{-4}$	170,4577
G	2,1797	0,8421	0,7091	38,6327
H	0,0139	0,0245	$6,0217 \cdot 10^{-4}$	176,9735
I	5,1482	1,4649	2,146	28,455
J	7,2883	2,2737	5,1697	31,1963
K	1,1543	0,4497	0,2022	38,9532
L	6,8224	1,6458	2,7088	24,1242

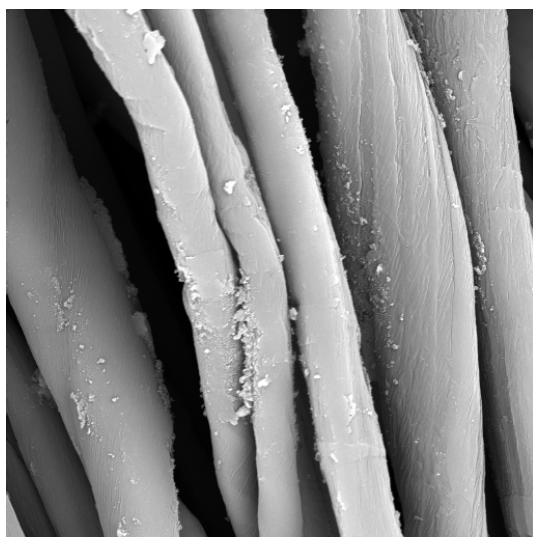
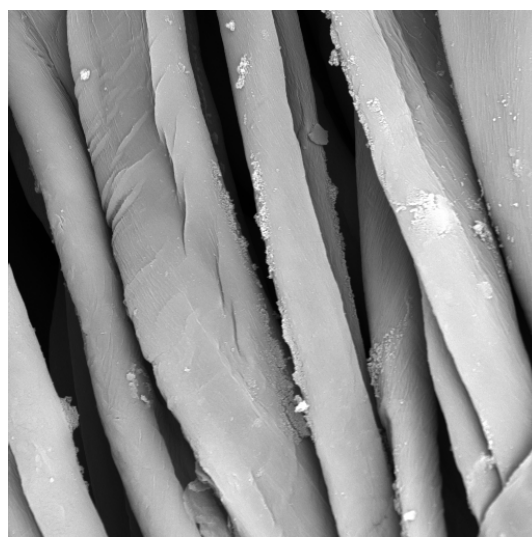
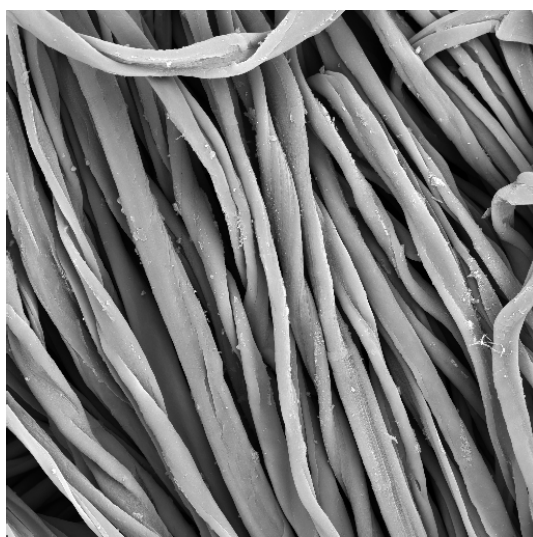
  

Označení	Po praní			
	Porozita	Směrodatná odchylka	Rozptyl	Variační koeficient
A	0,8494	0,8375	0,7014	98,5964
B	2,4052	1,7074	2,9151	70,9877
C	1,0195	1,0817	1,1701	106,1034
D	0,0199	0,1079	0,0116	541,2601
E	8,3987	2,989	8,934	35,5885
F	0,0034	0,012	$1,4486 \cdot 10^{-4}$	357,8629
G	1,9603	1,276	1,6281	65,0918
H	0,0022	0,015	$2,2578 \cdot 10^{-4}$	697,1422
I	3,7037	1,8209	3,3158	49,1654
J	4,833	2,9356	8,6176	60,7397
K	0,7686	0,586	0,3434	76,2421
L	3,1867	1,4472	2,0945	45,4142

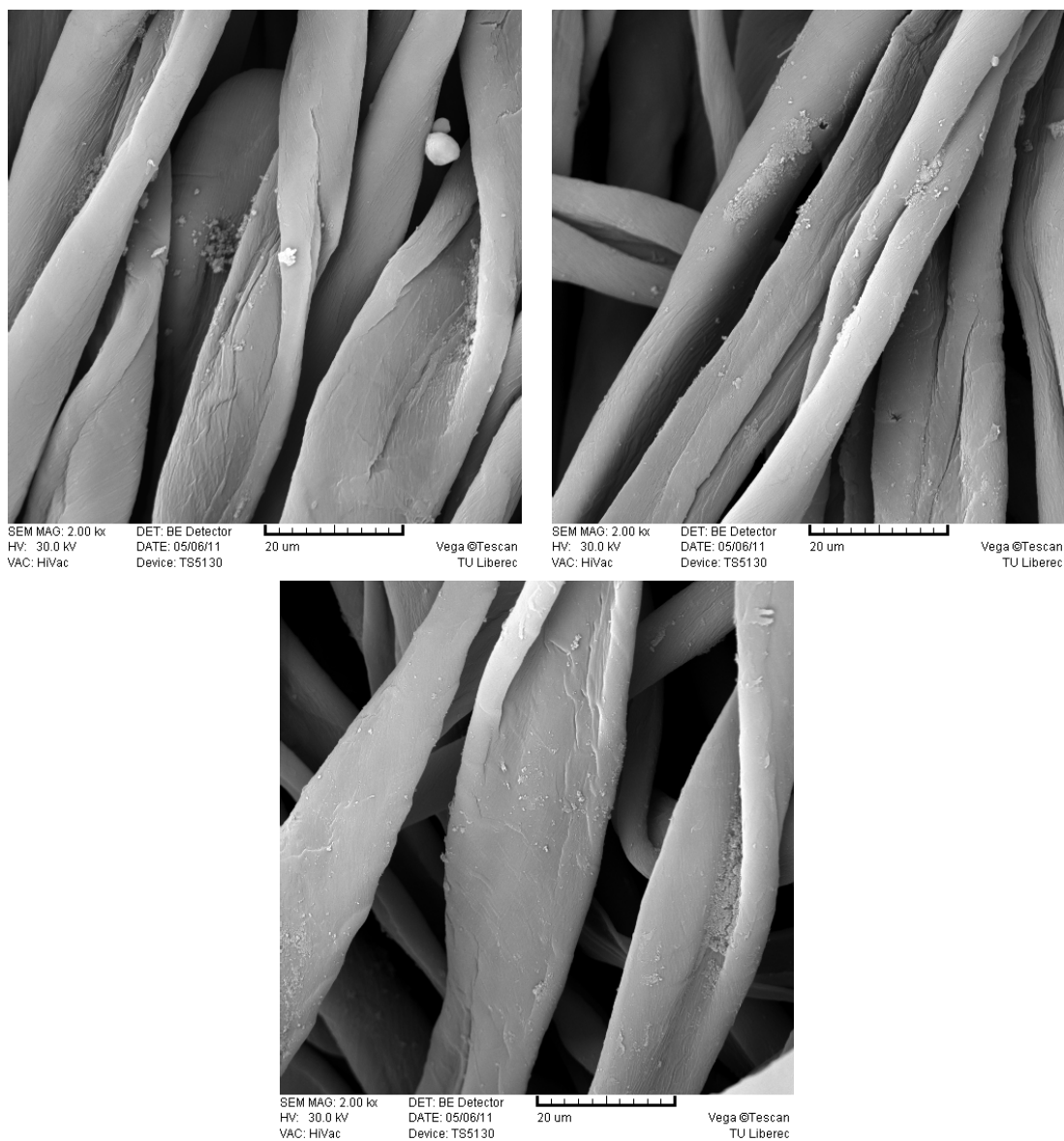
## A.2 Obrázky tkanin získané rastrovací elektronovou mikroskopií



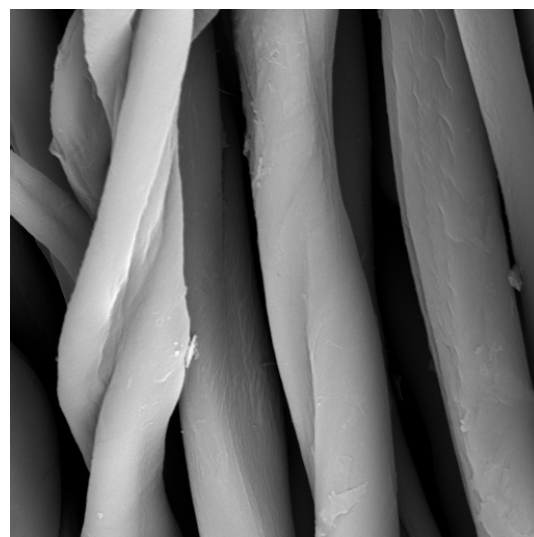
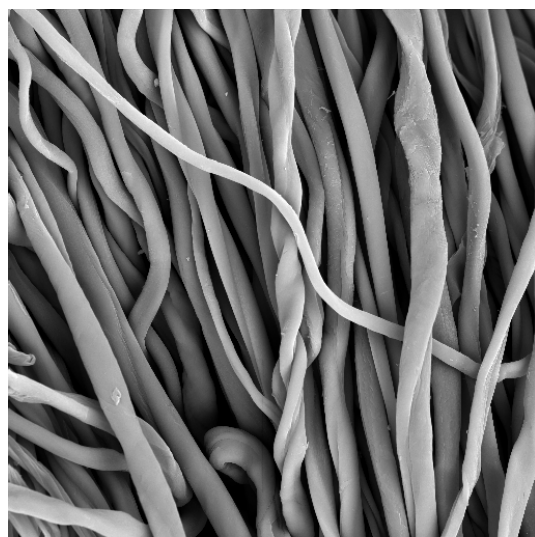
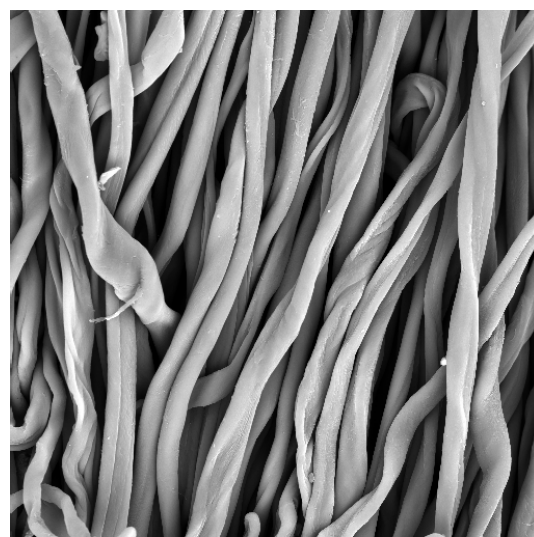
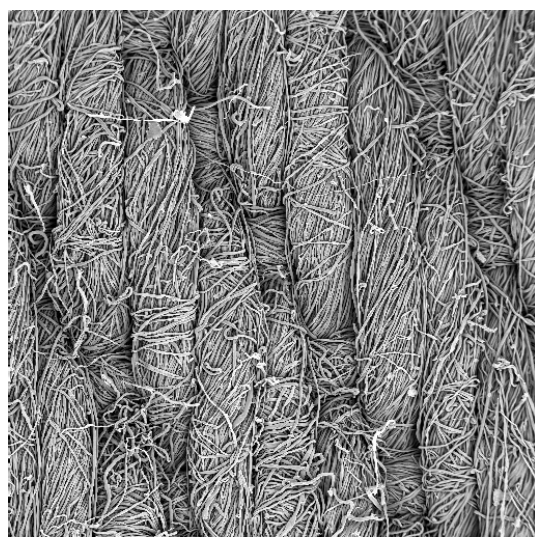
Obrázek A.3: Fotografie tkaniny A z rastrovacího elektronového mikroskopu bez aplikace UV absorbérů.



Obrázek A.4: Fotografie vzorků tkaniny A po aplikaci  $\text{TiO}_2$  z rastrovacího elektronového mikroskopu.

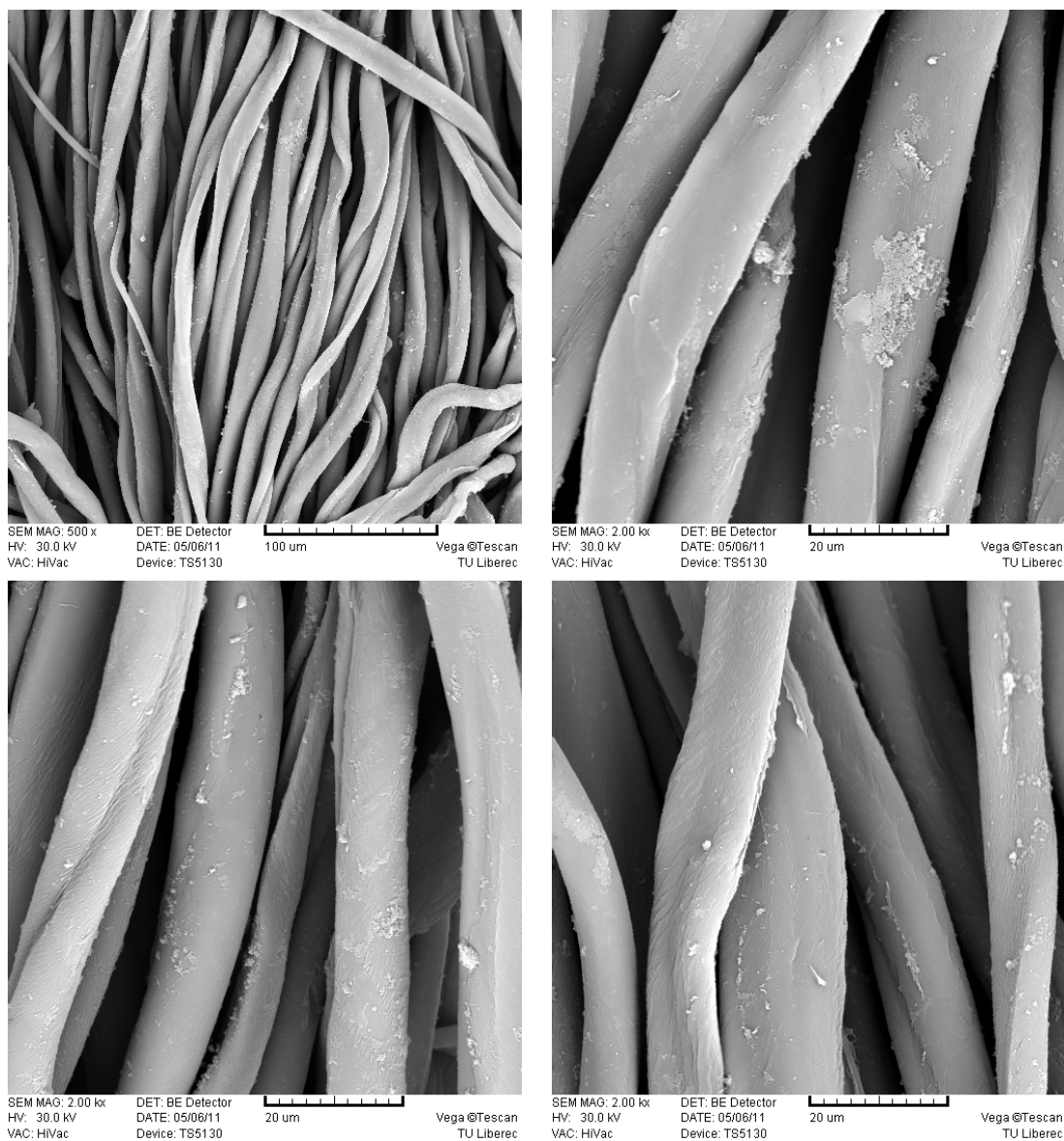


Obrázek A.5: Fotografie vzorků tkaniny A po aplikaci  $\text{TiO}_2$  a následém vyprání.

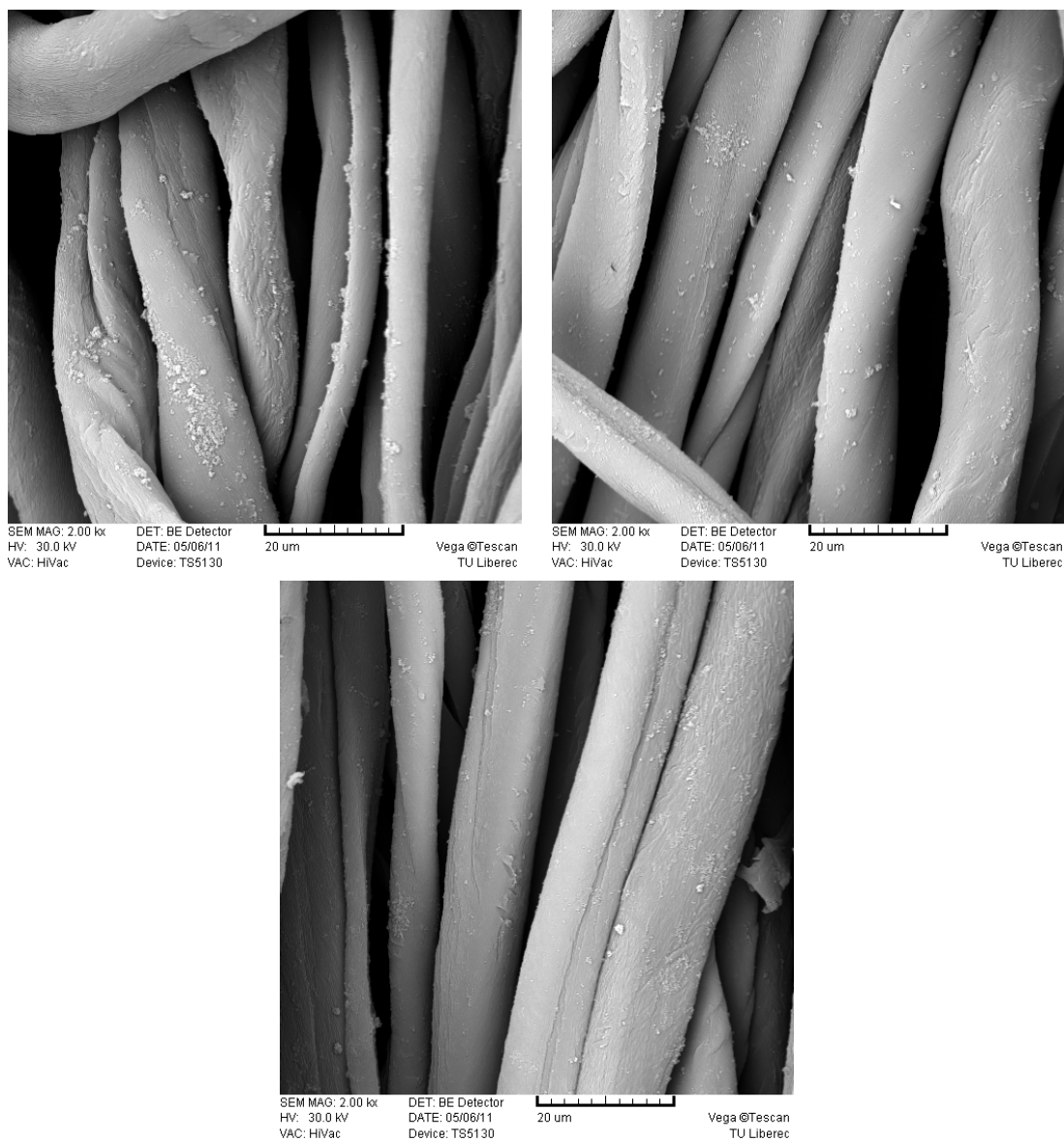


Obrázek A.6: Fotografie tkaniny D z rastrovacího elektronového mikroskopu bez aplikace UV absorbérů.



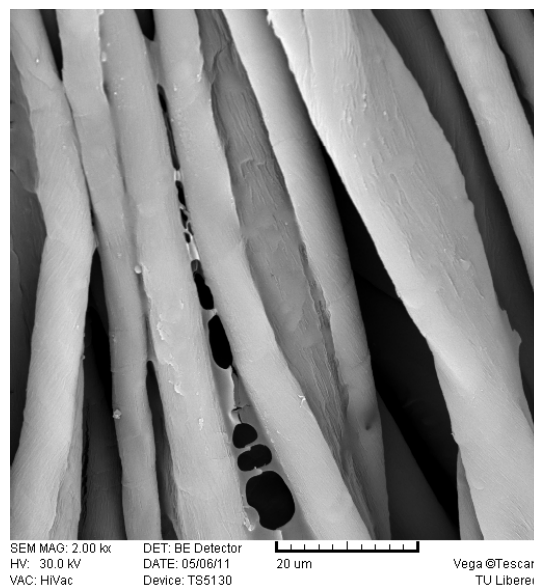
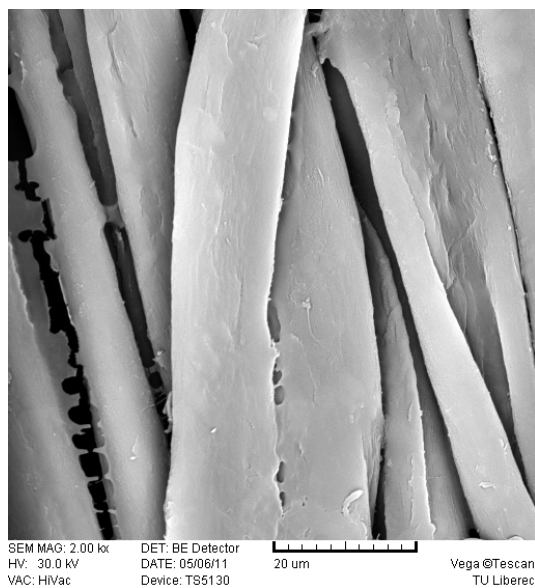
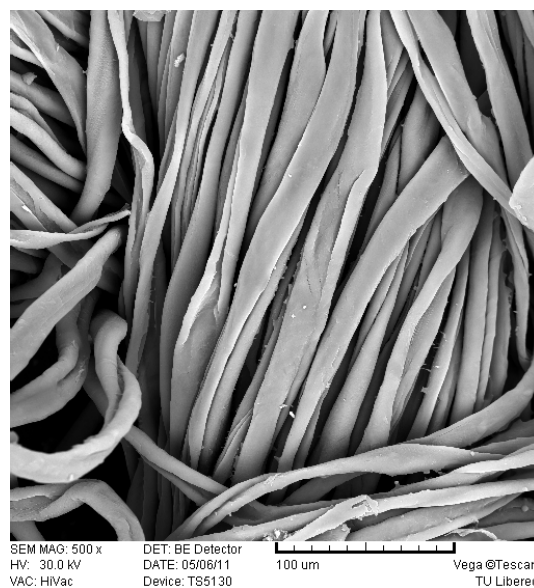
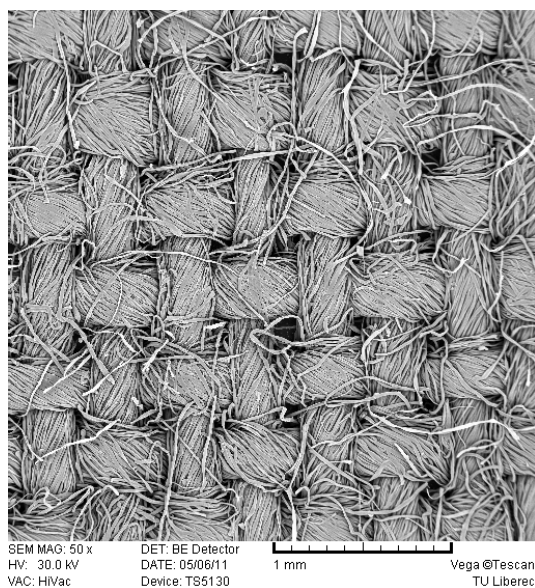


Obrázek A.7: Fotografie vzorků tkaniny D po aplikaci  $\text{TiO}_2$  z rastrovacího elektronového mikroskopu.

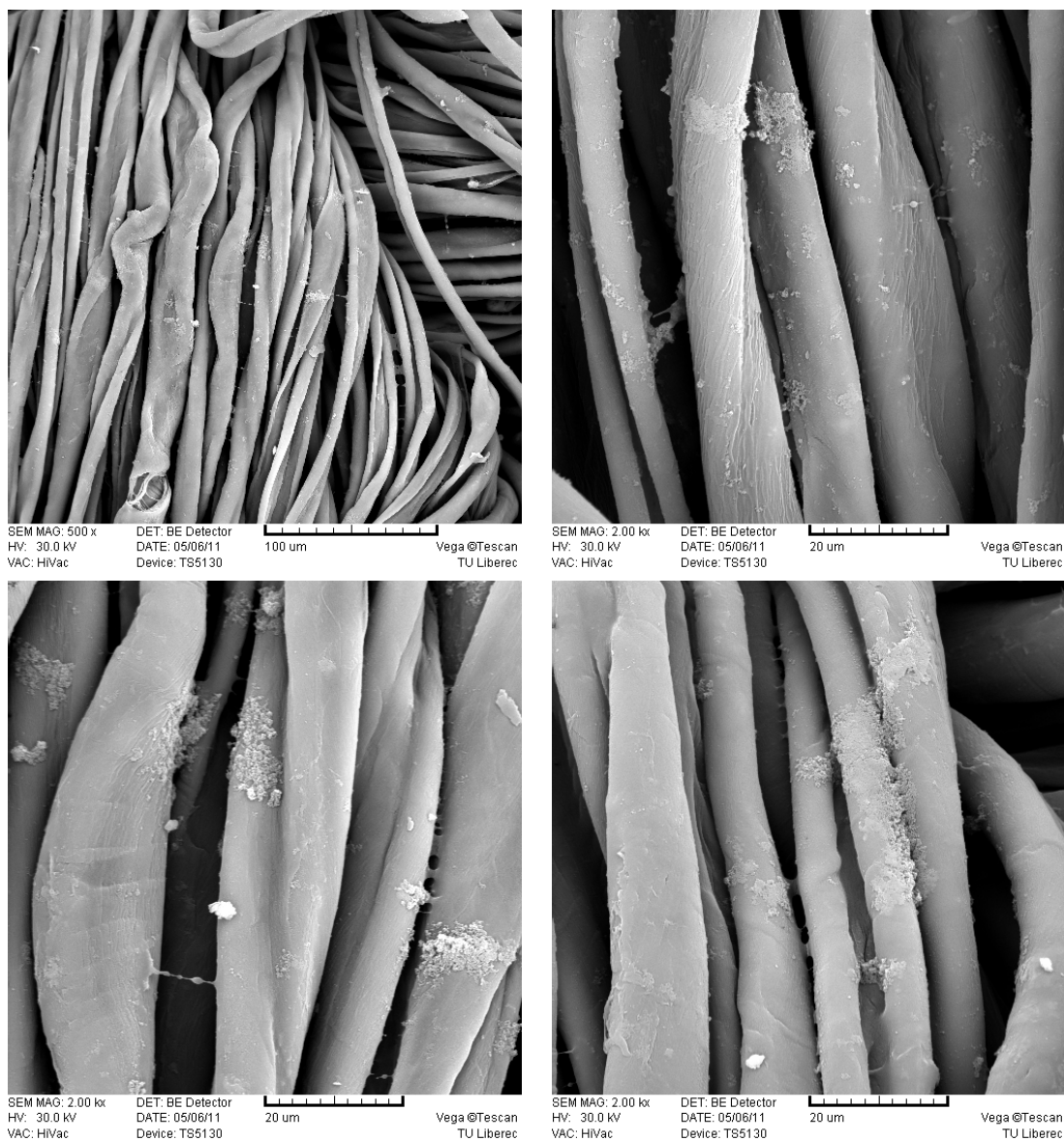


Obrázek A.8: Fotografie vzorků tkaniny D po aplikaci  $\text{TiO}_2$  a následém vyprání.

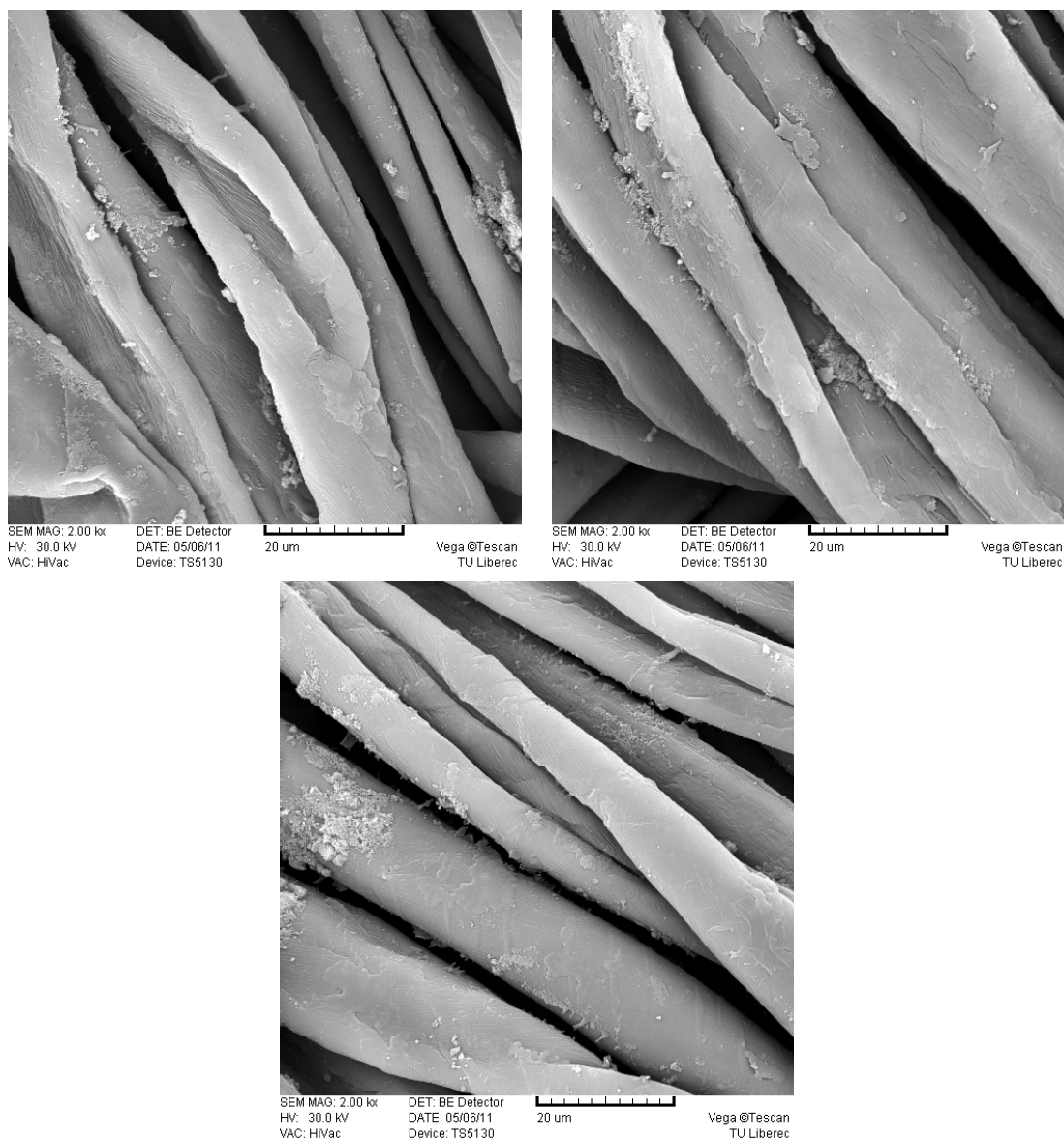




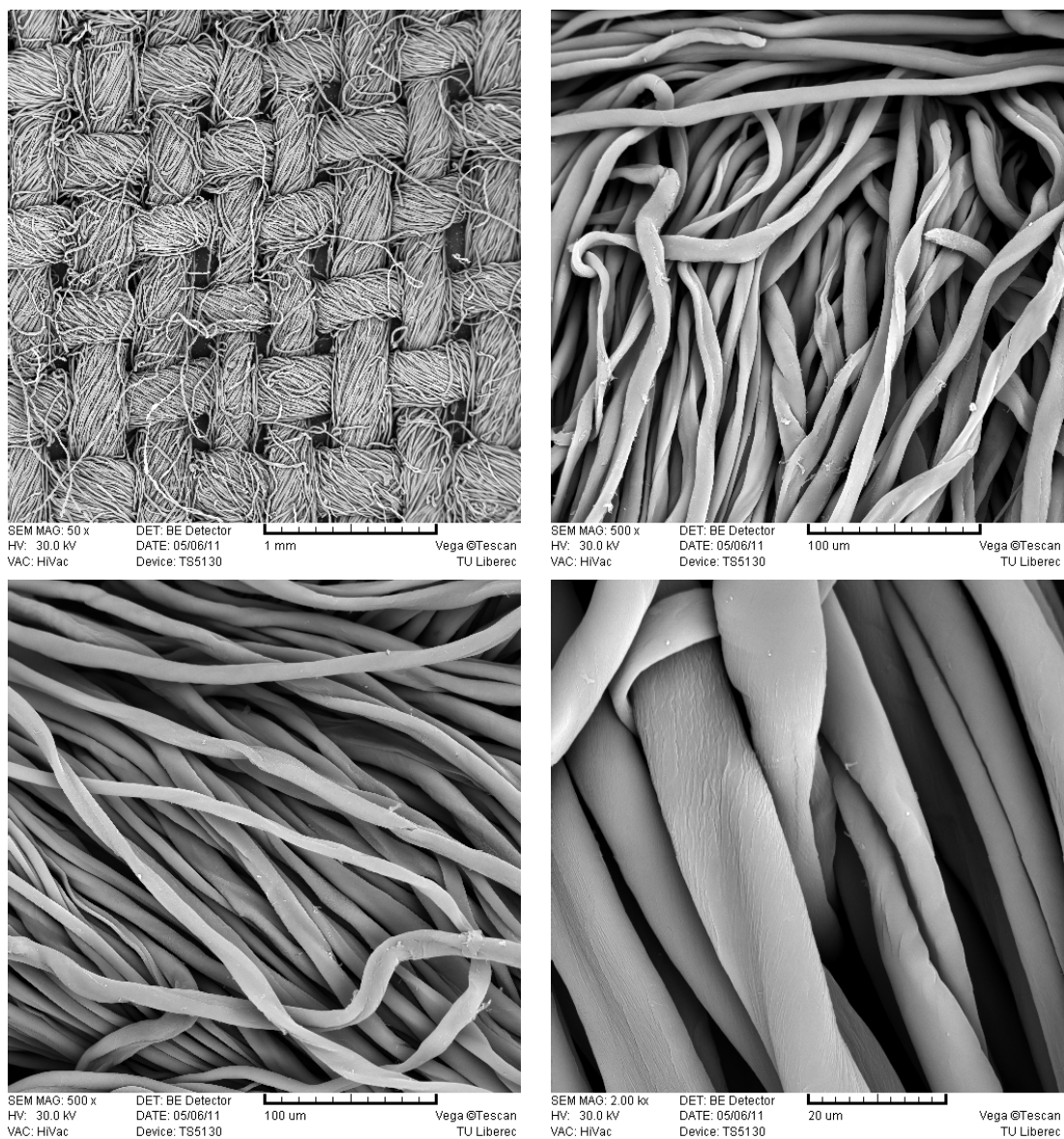
Obrázek A.9: Fotografie tkaniny G z rastrovacího elektronového mikroskopu bez aplikace UV absorbérů.



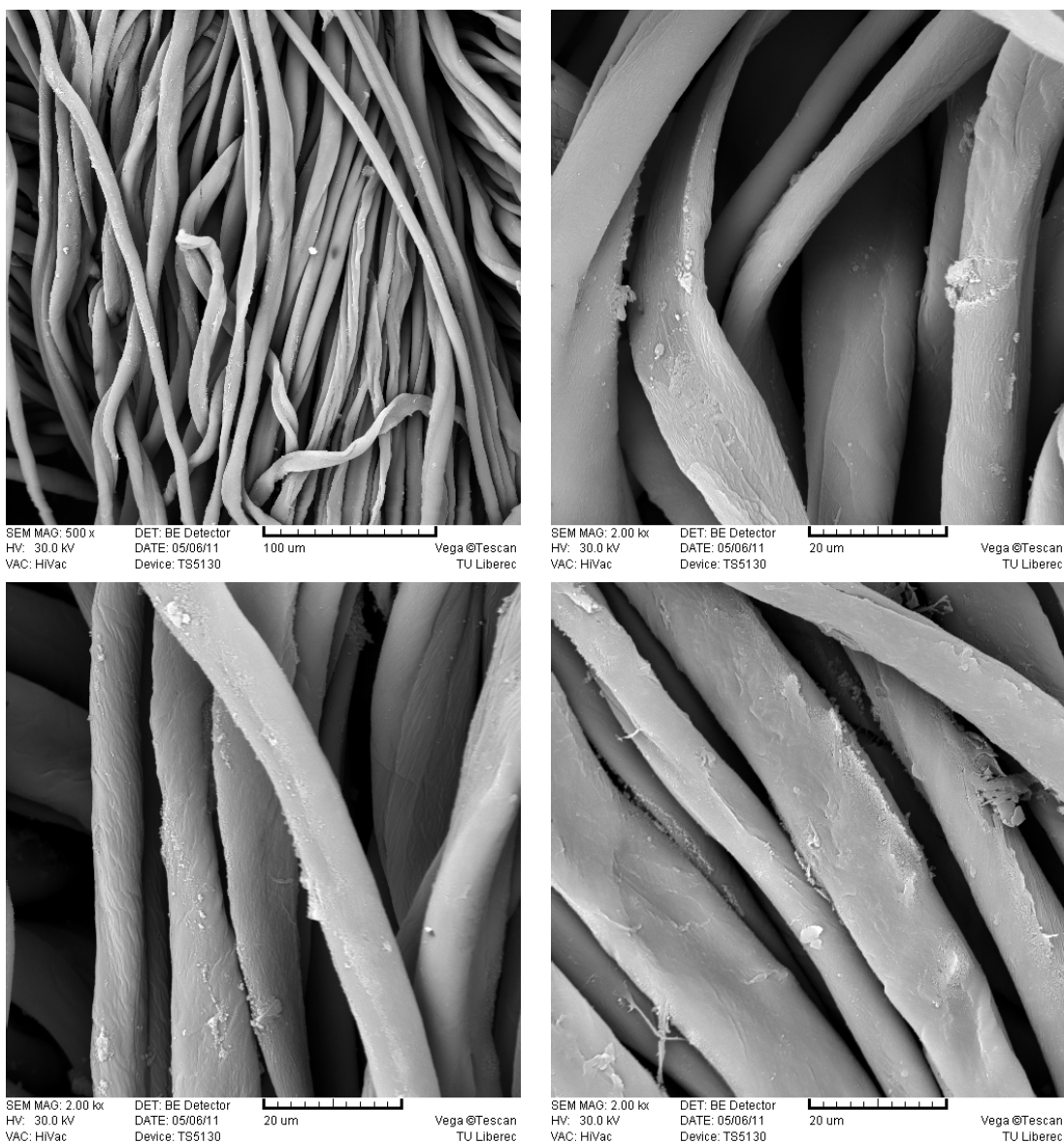
Obrázek A.10: Fotografie vzorků tkaniny G po aplikaci  $\text{TiO}_2$  z rastrovacího elektronového mikroskopu.



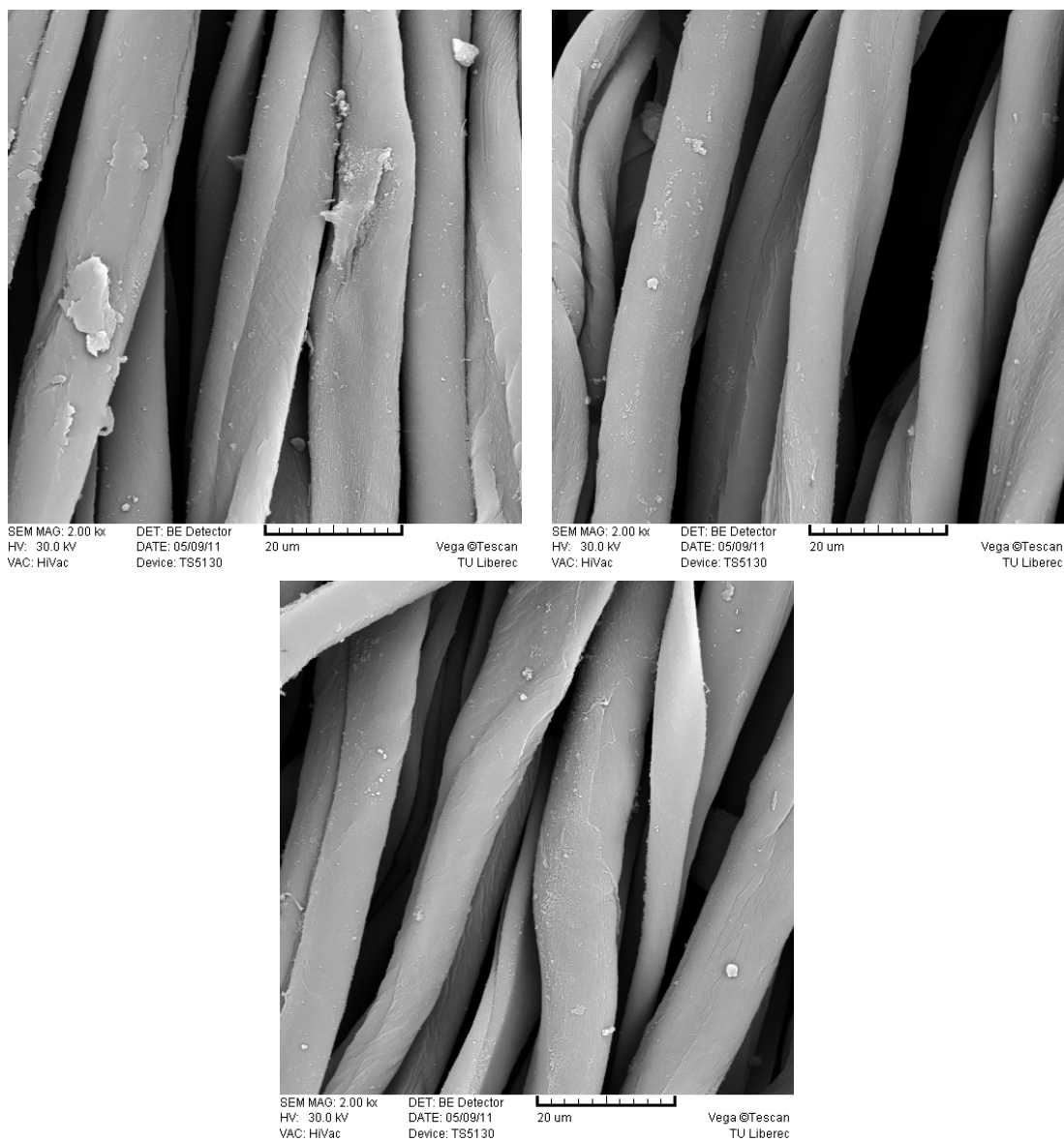
Obrázek A.11: Fotografie vzorků tkaniny G po aplikaci  $\text{TiO}_2$  a následém vyprání.



Obrázek A.12: Fotografie tkaniny L z rastrovacího elektronového mikroskopu bez aplikace UV absorbérů.

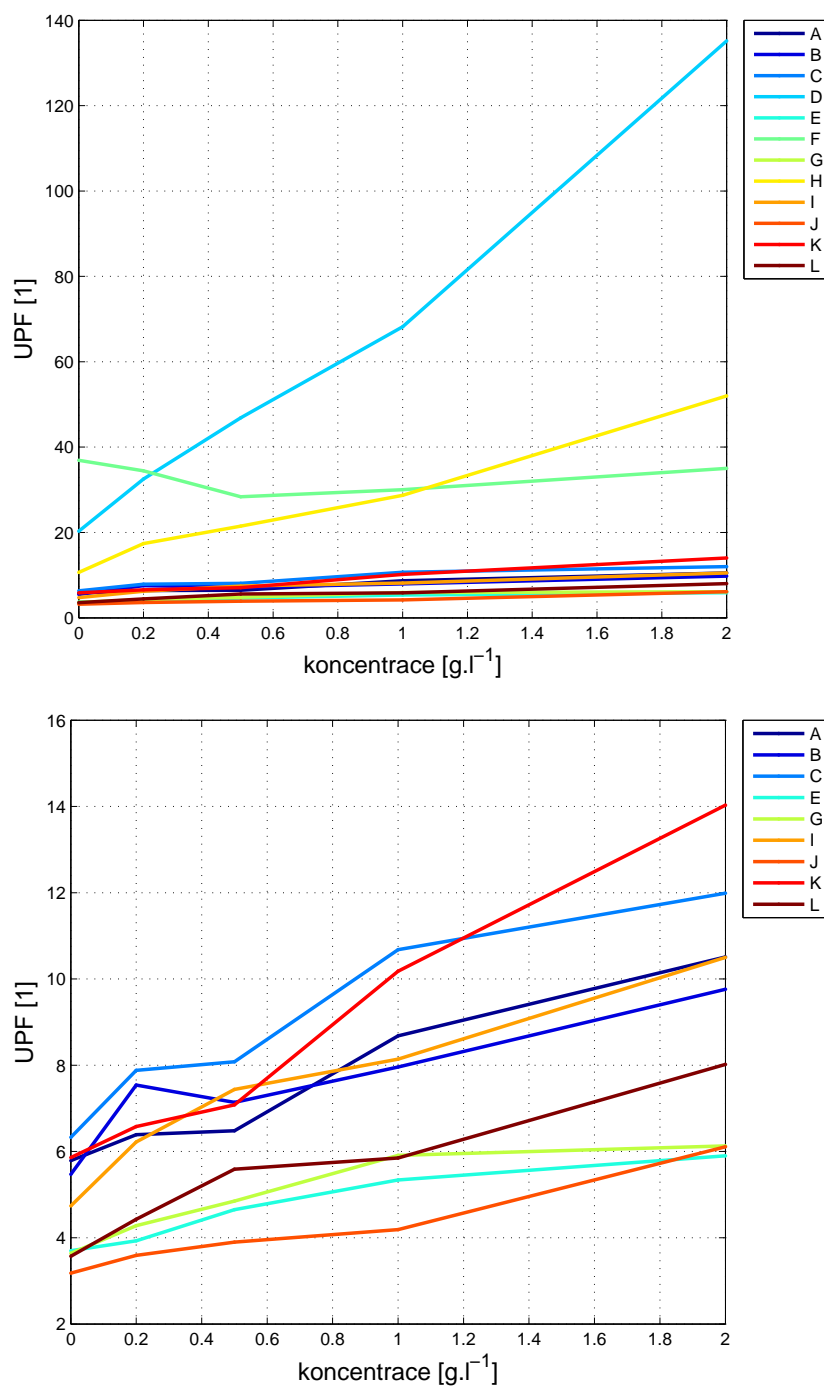


Obrázek A.13: Fotografie vzorků tkaniny L po aplikaci  $\text{TiO}_2$  z rastrovacího elektronového mikroskopu.



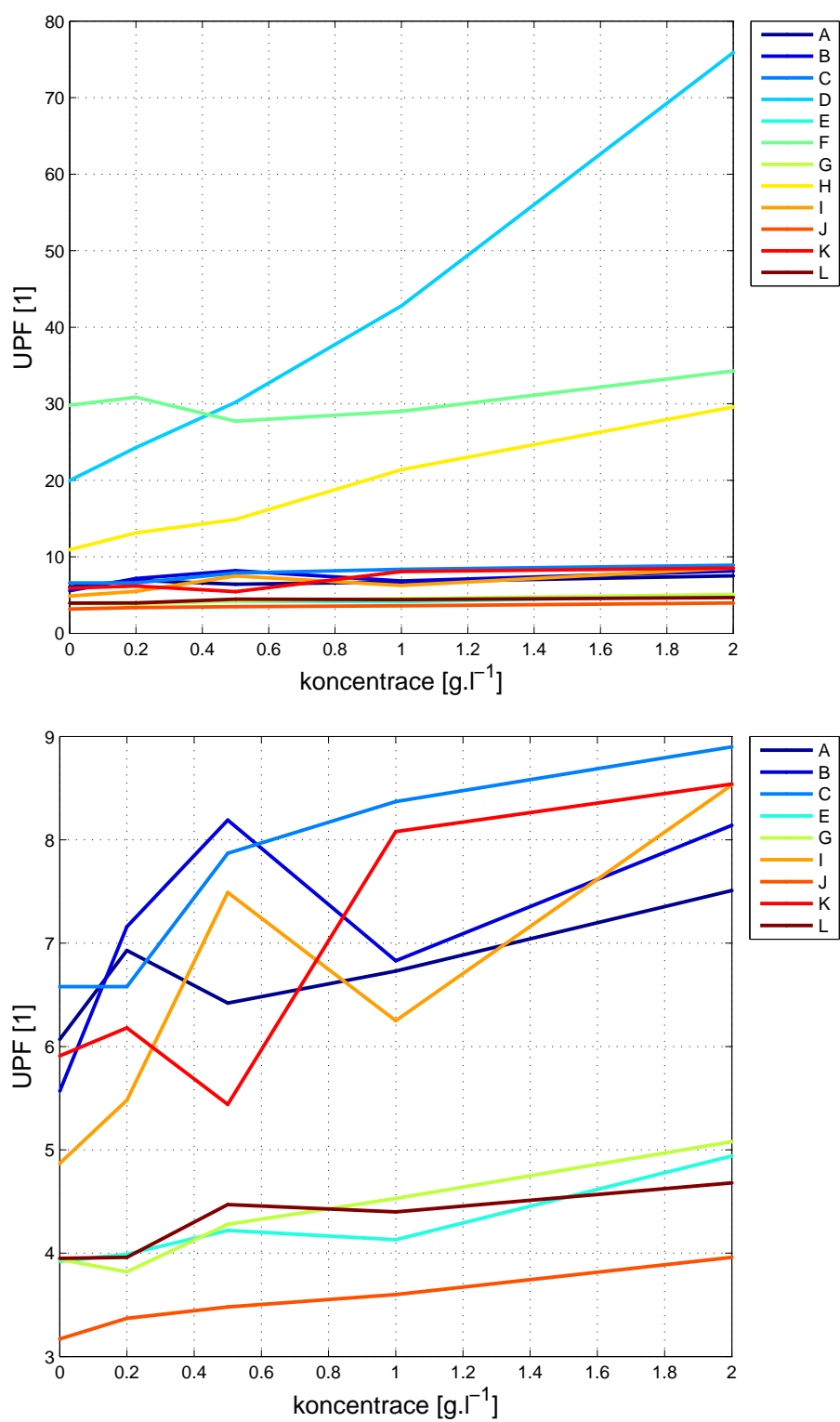
Obrázek A.14: Fotografie vzorků tkaniny L po aplikaci  $\text{TiO}_2$  a následém vyprání.

### A.3 Grafy závislosti UPF na koncentraci UV absorbérů pro všechny tkaniny



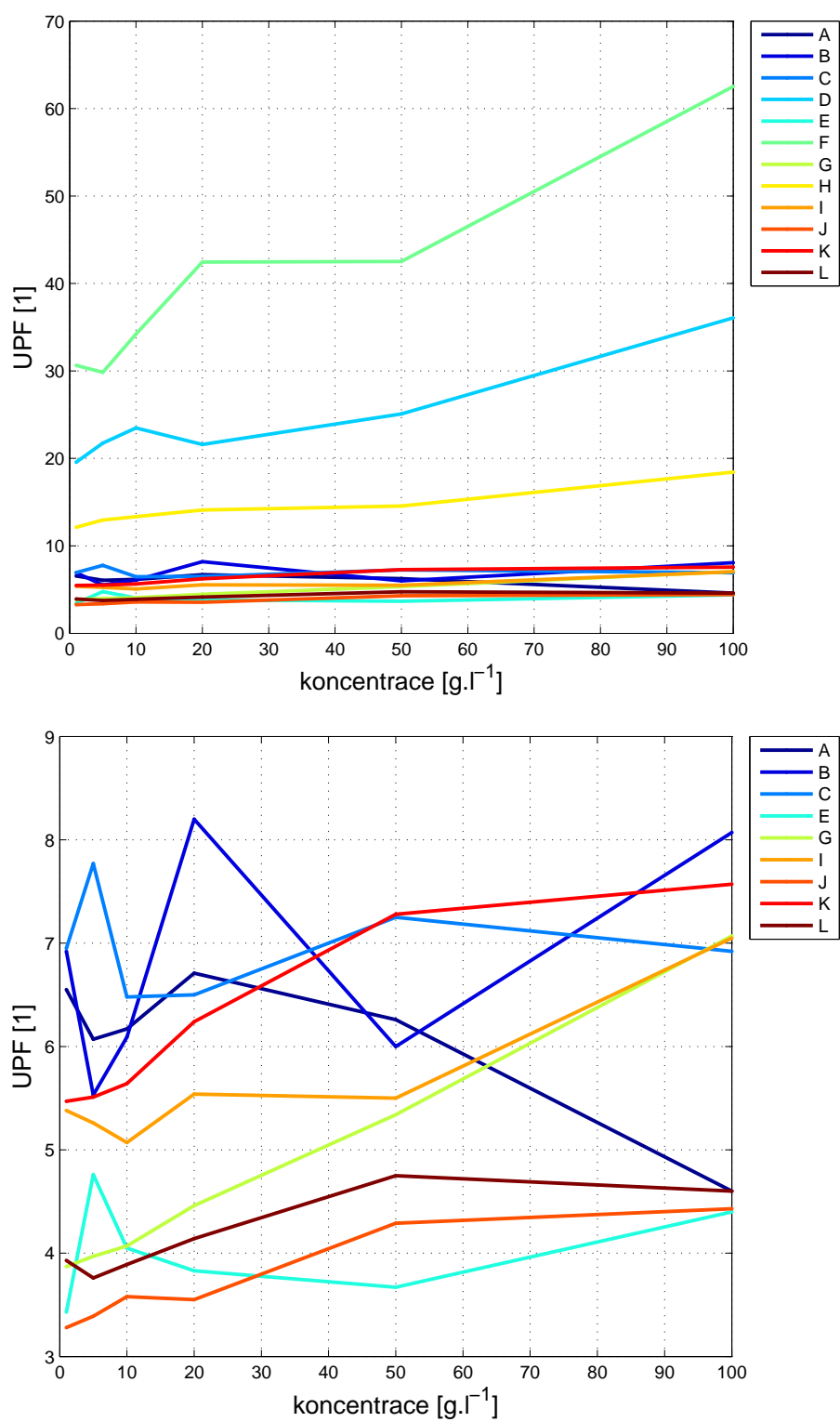
Obrázek A.15: Grafy závislosti UPF na koncentraci UV absorbéru č. 2 pro všechny sledované tkaniny před praním.



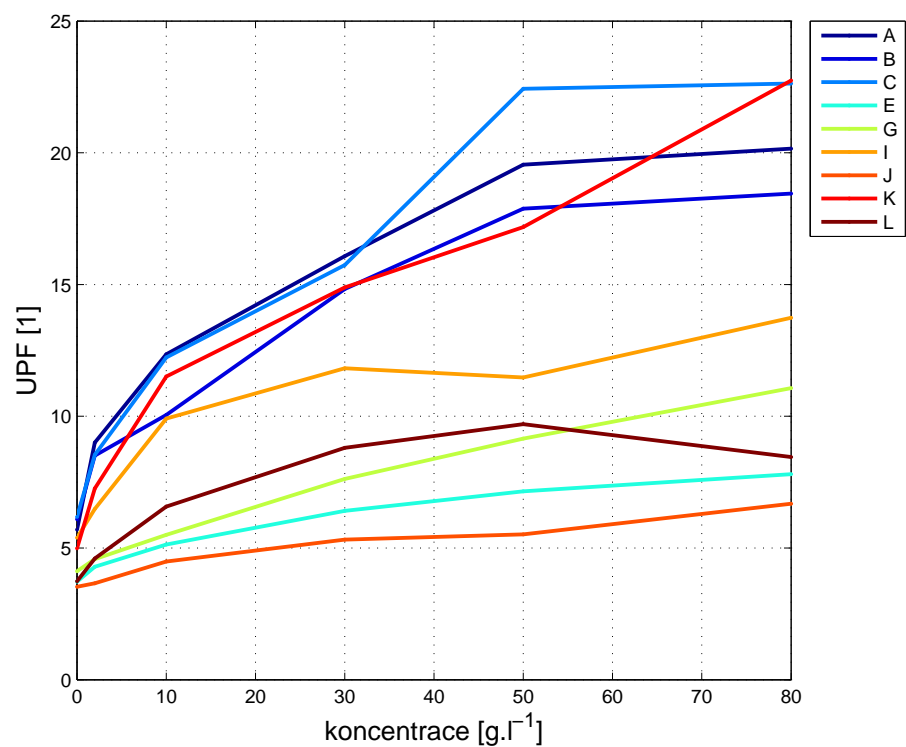
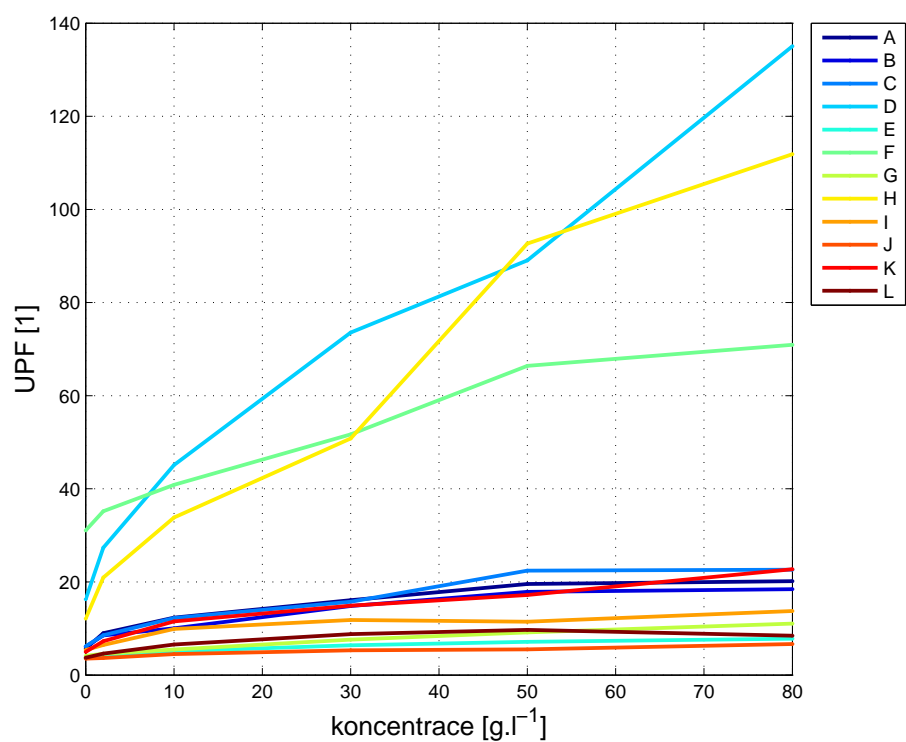


Obrázek A.16: Grafy závislosti UPF na koncentraci UV absorbéru č. 3 pro všechny sledované tkaniny před praním.

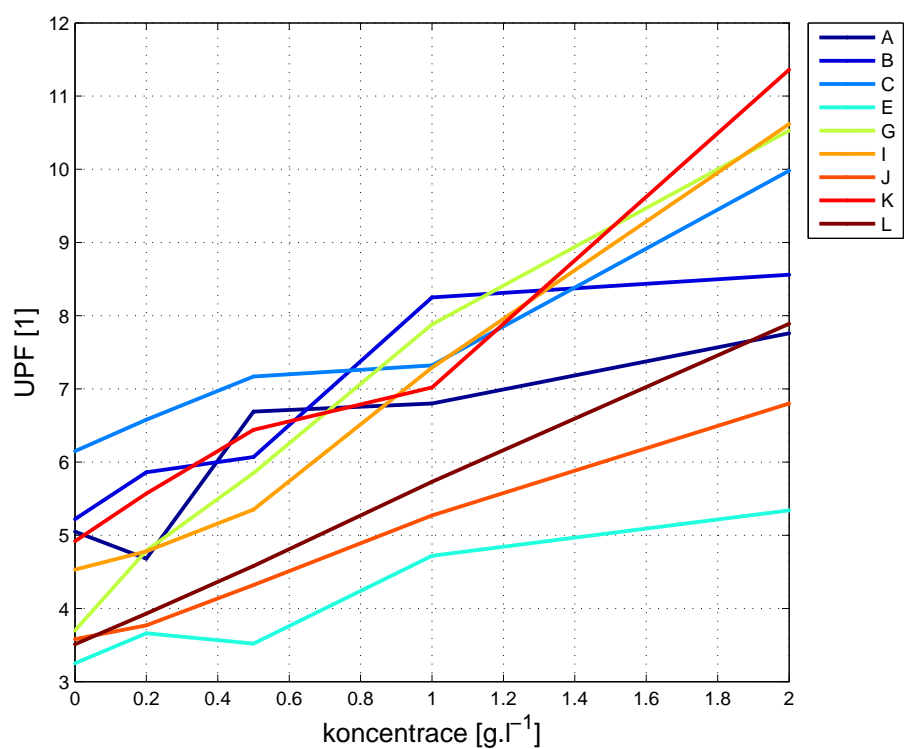
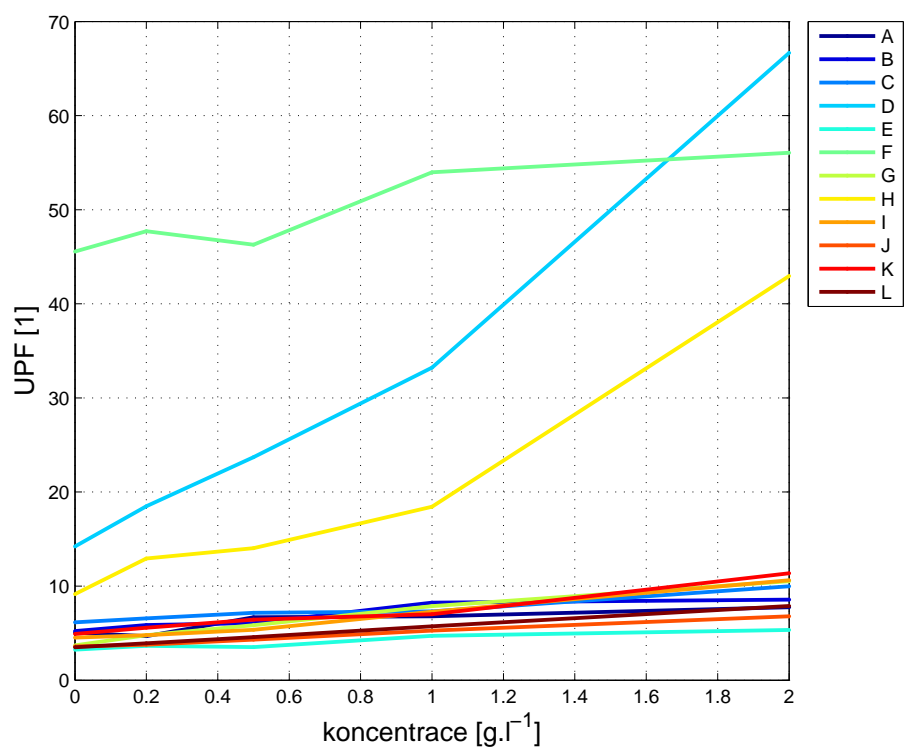




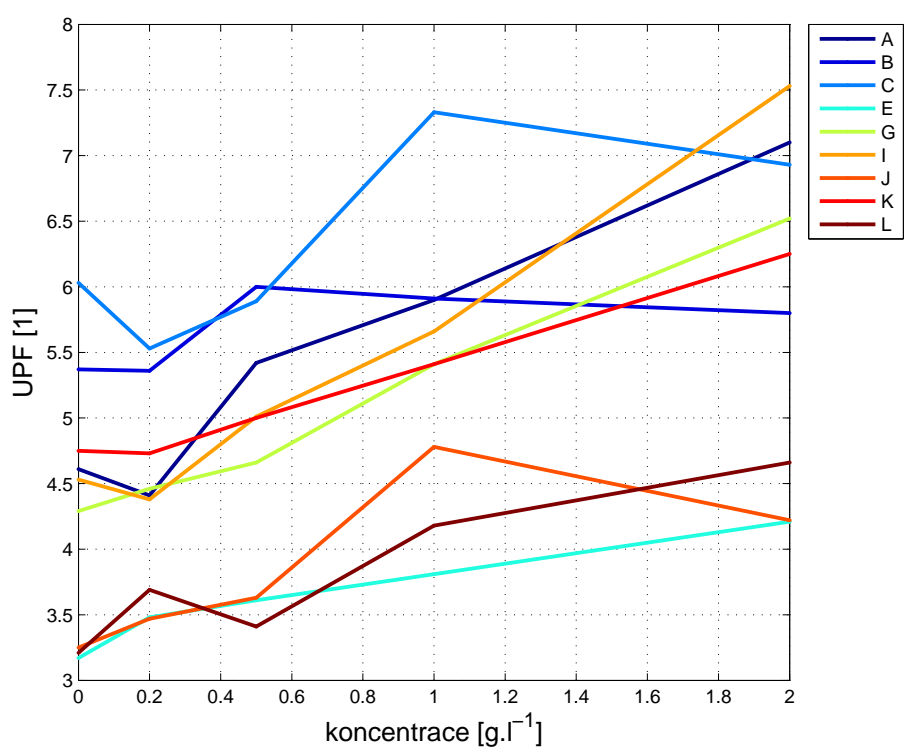
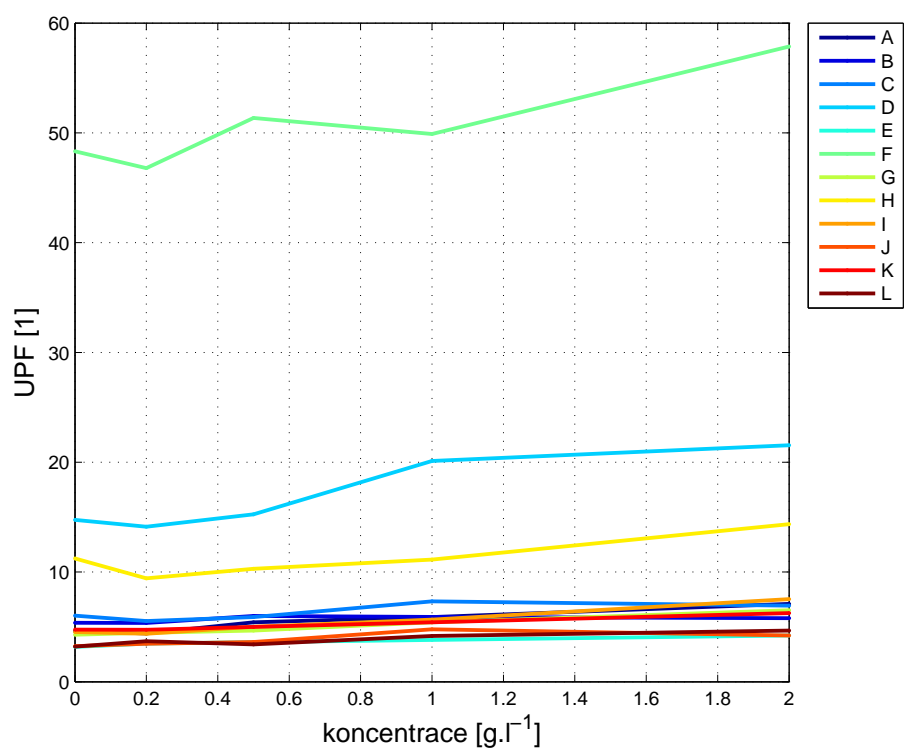
Obrázek A.17: Grafy závislosti UPF na koncentraci UV absorbéru č. 4 pro všechny sledované tkaniny před praním.



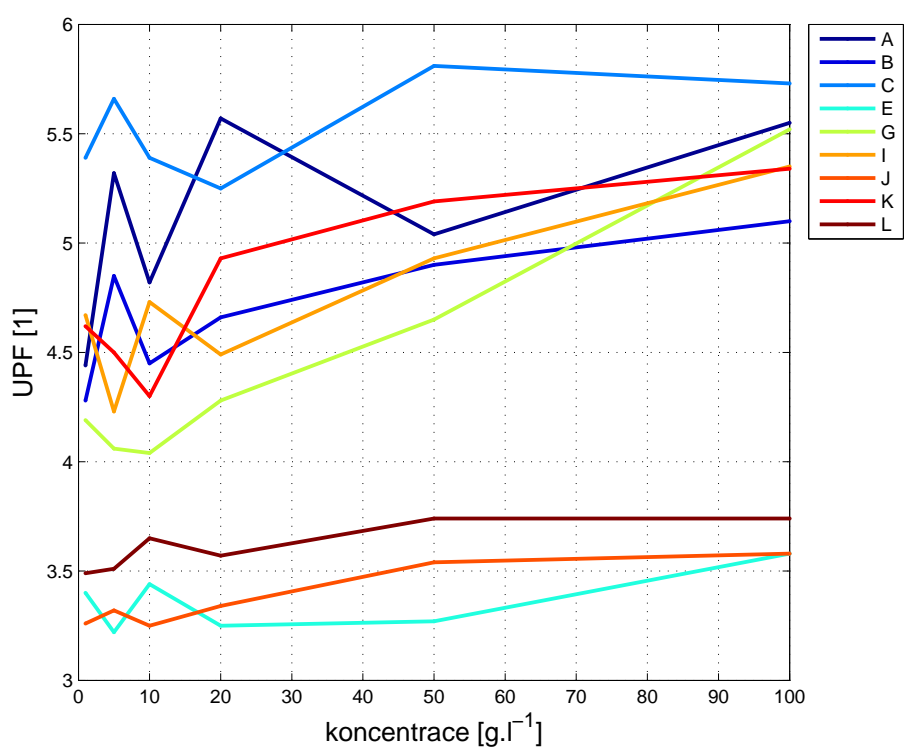
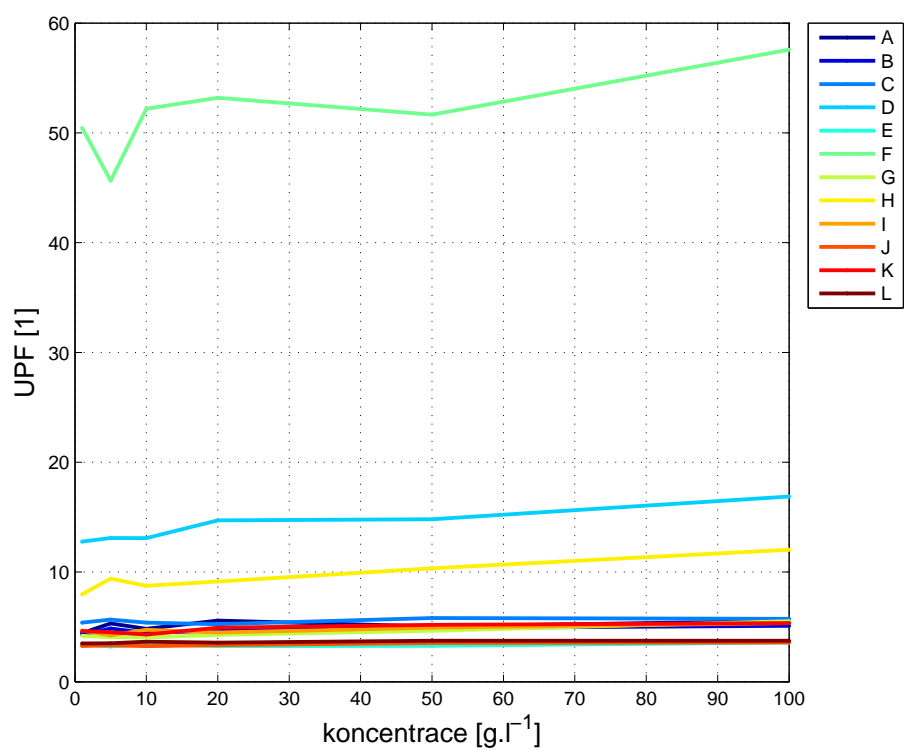
Obrázek A.18: Grafy závislosti UPF na koncentraci UV absorbéru č. 1 pro všechny sledované tkaniny po praní.



Obrázek A.19: Grafy závislosti UPF na koncentraci UV absorbéru č. 2 pro všechny sledované tkaniny po praní.

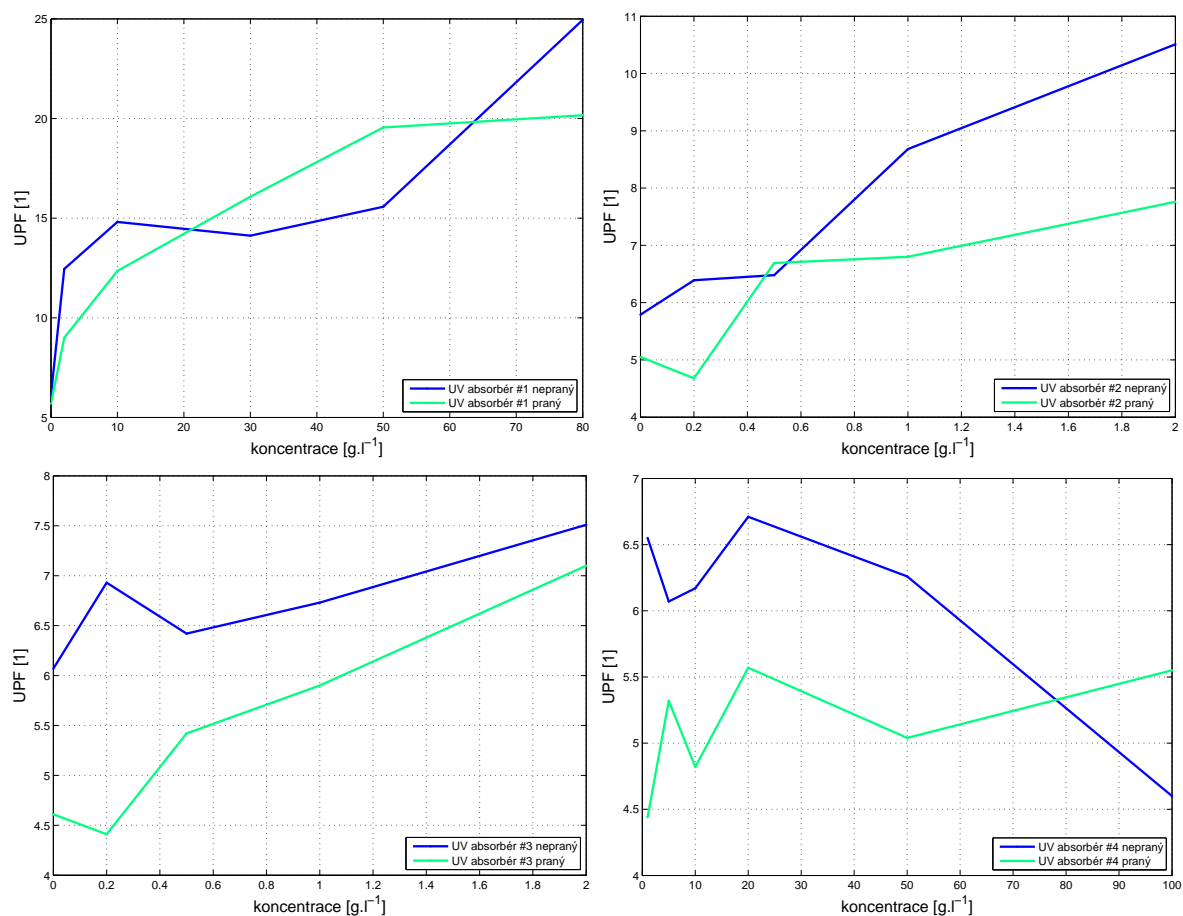


Obrázek A.20: Grafy závislosti UPF na koncentraci UV absorbéru č. 3 pro všechny sledované tkaniny po praní.

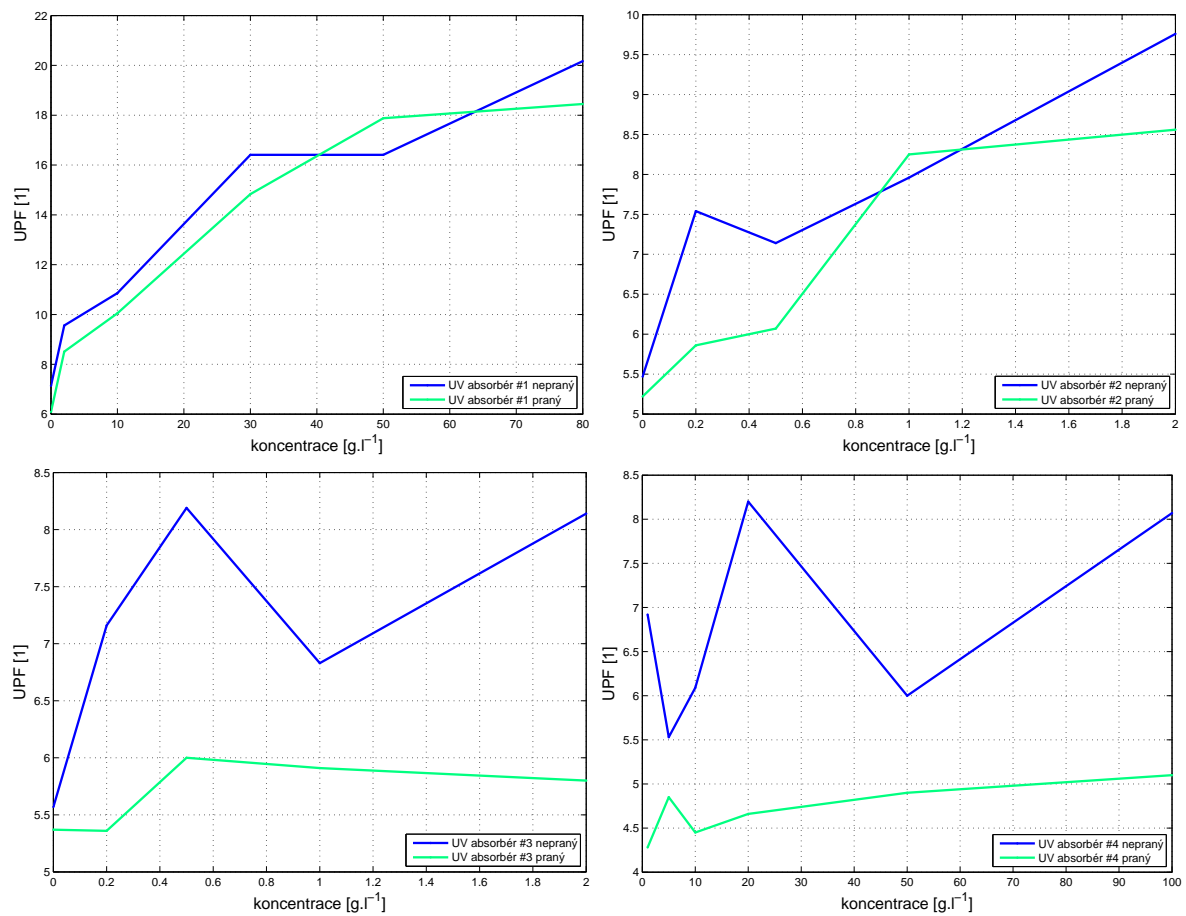


Obrázek A.21: Grafy závislosti UPF na koncentraci UV absorbéru č. 4 pro všechny sledované tkaniny po praní.

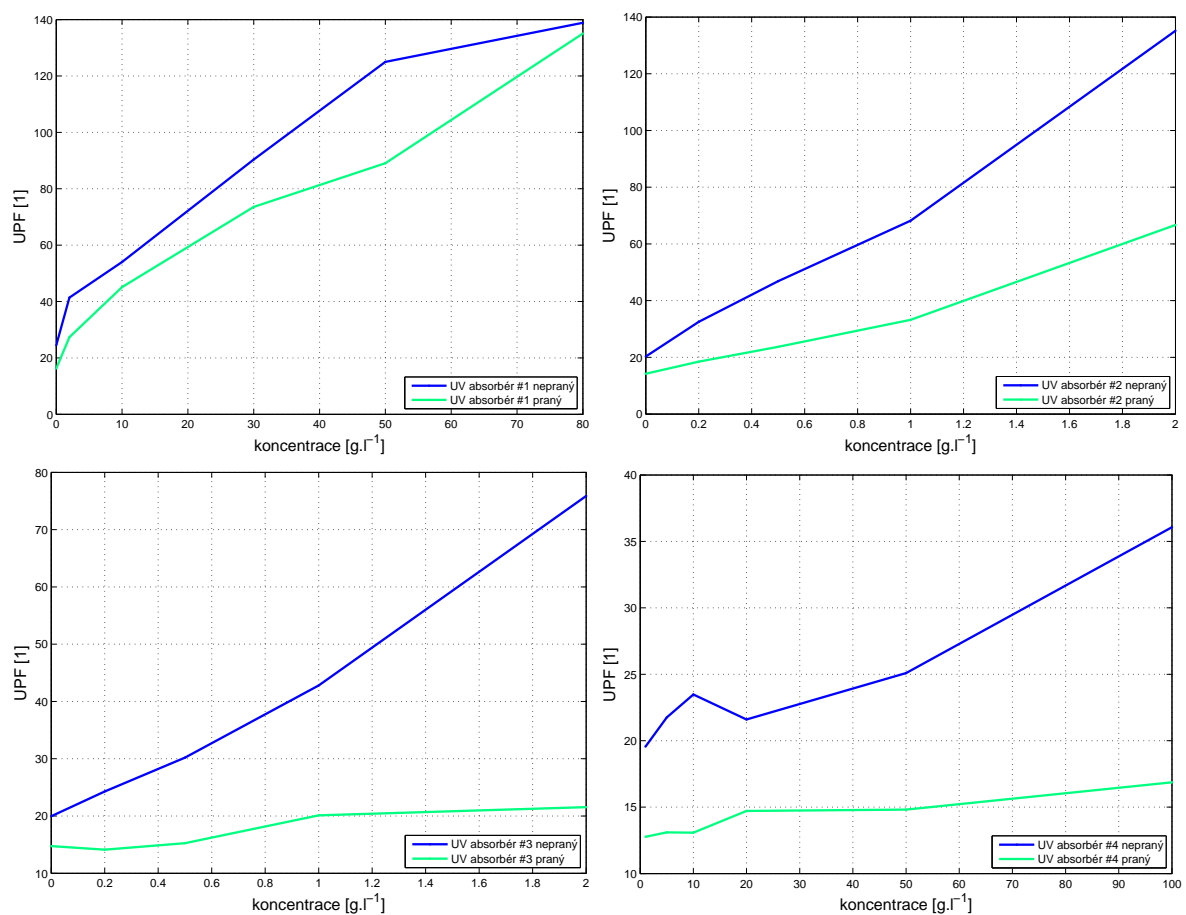
#### A.4 Grafy porovnání hodnot UPF pro koncentrační řady jednotlivých UV absorbérů na všech studovaných textiliích



Obrázek A.22: Porovnání hodnot UPF před praním a po praní materiálu A pro všechny UV absorbéry.

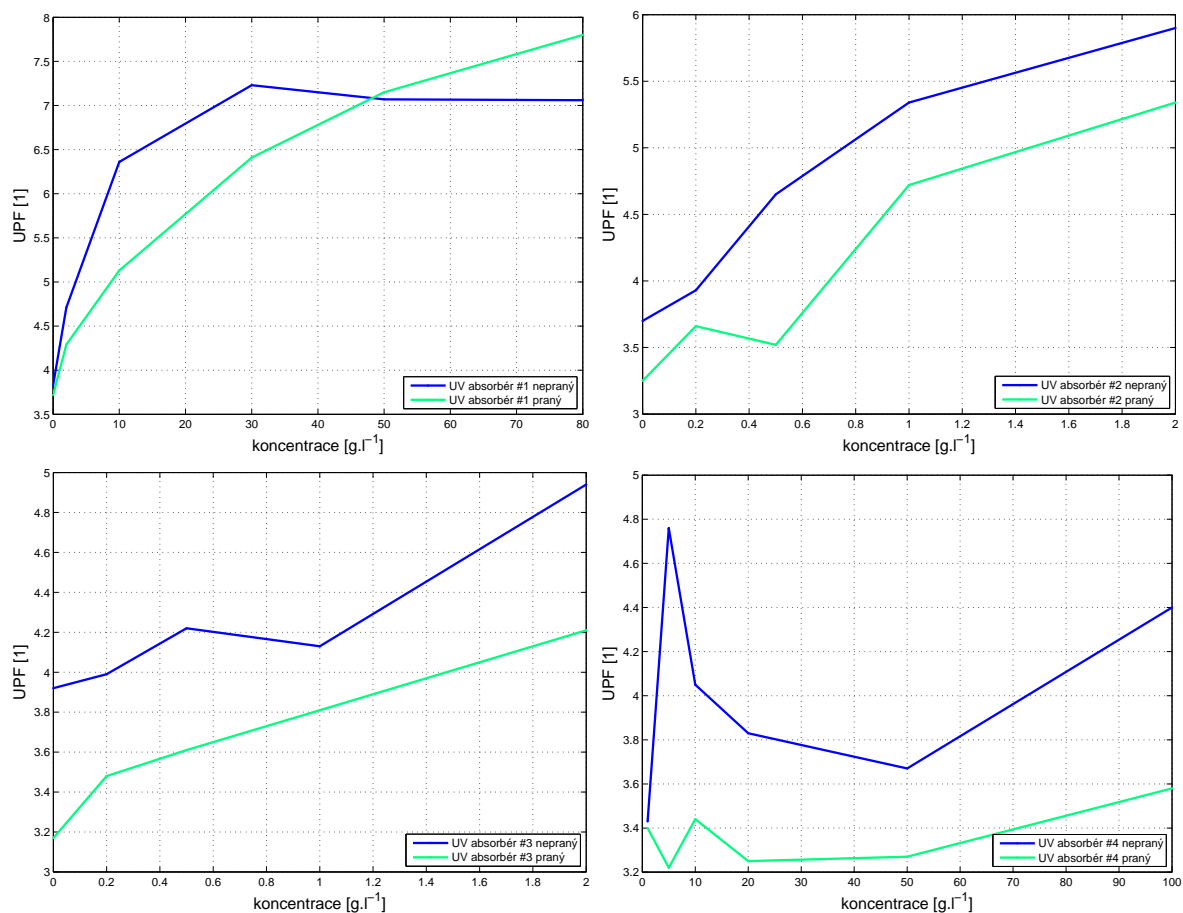


Obrázek A.23: Porovnání hodnot UPF před praním a po praní materiálu B pro všechny UV absorbéry.

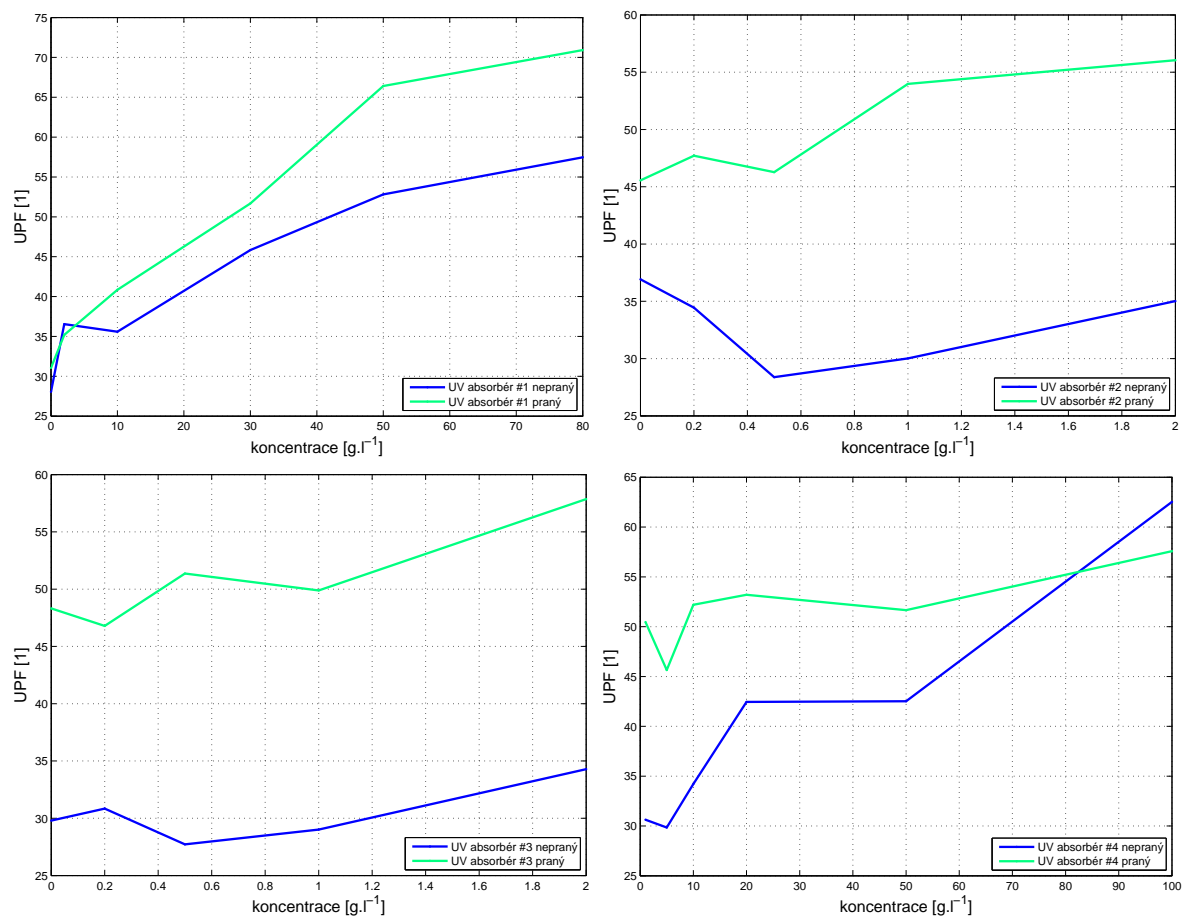


Obrázek A.24: Porovnání hodnot UPF před praním a po praní materiálu D pro všechny UV absorbéry.

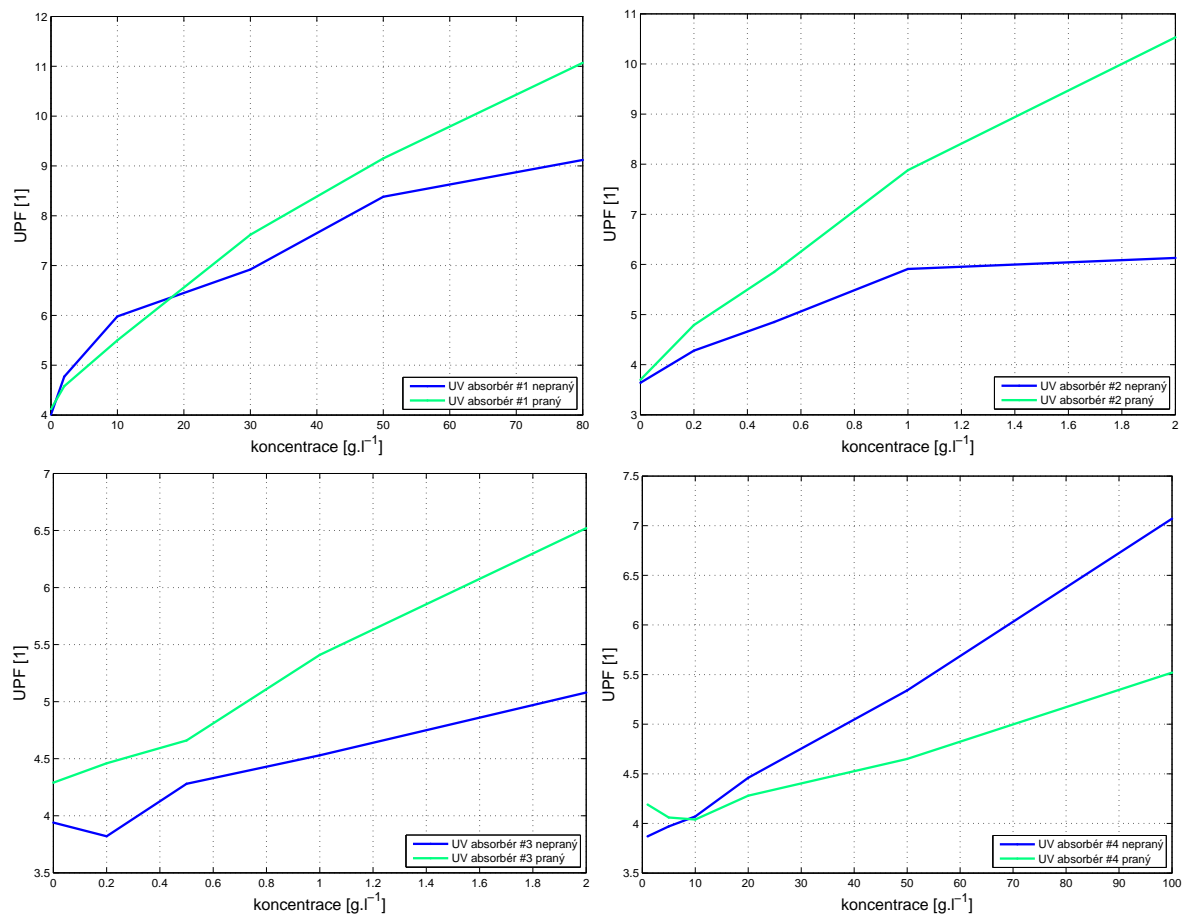




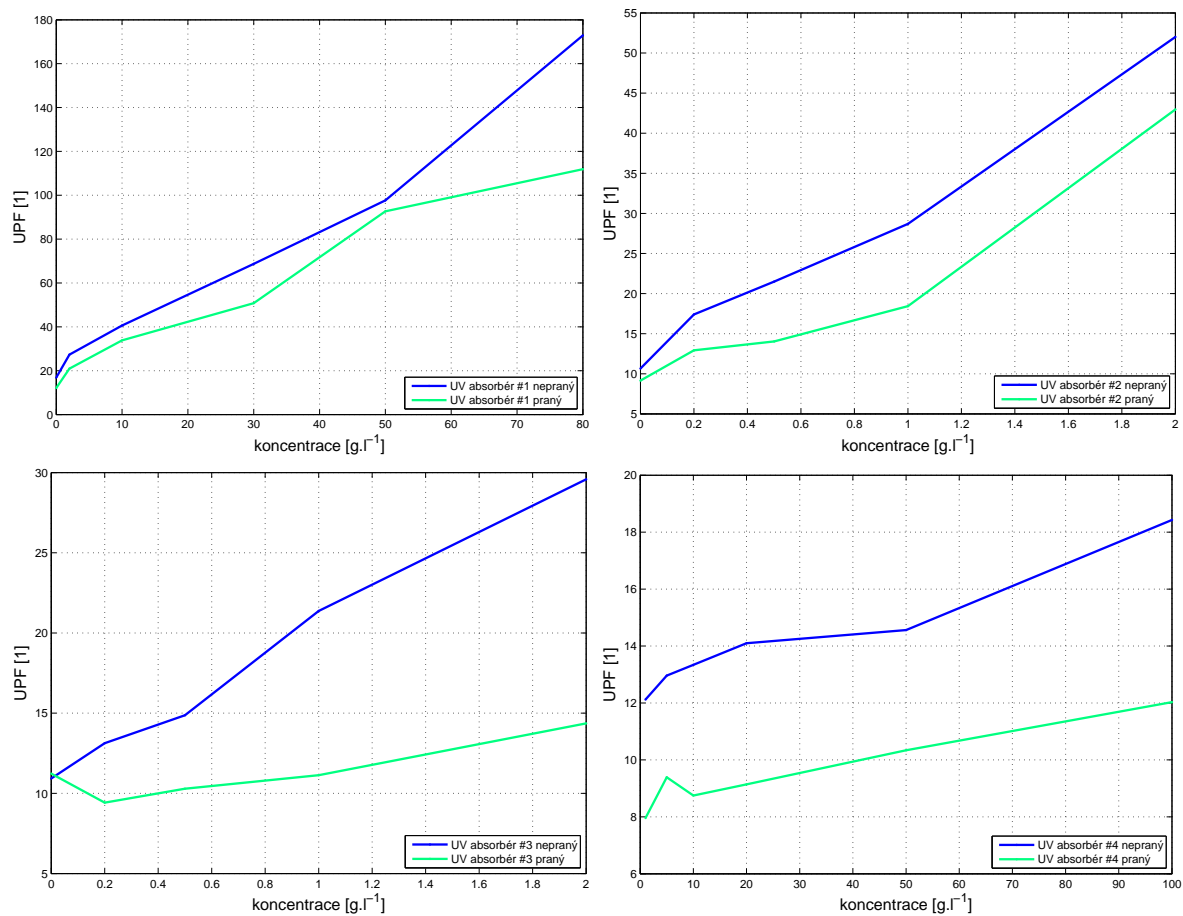
Obrázek A.25: Porovnání hodnot UPF před praním a po praní materiálu E pro všechny UV absorbéry.



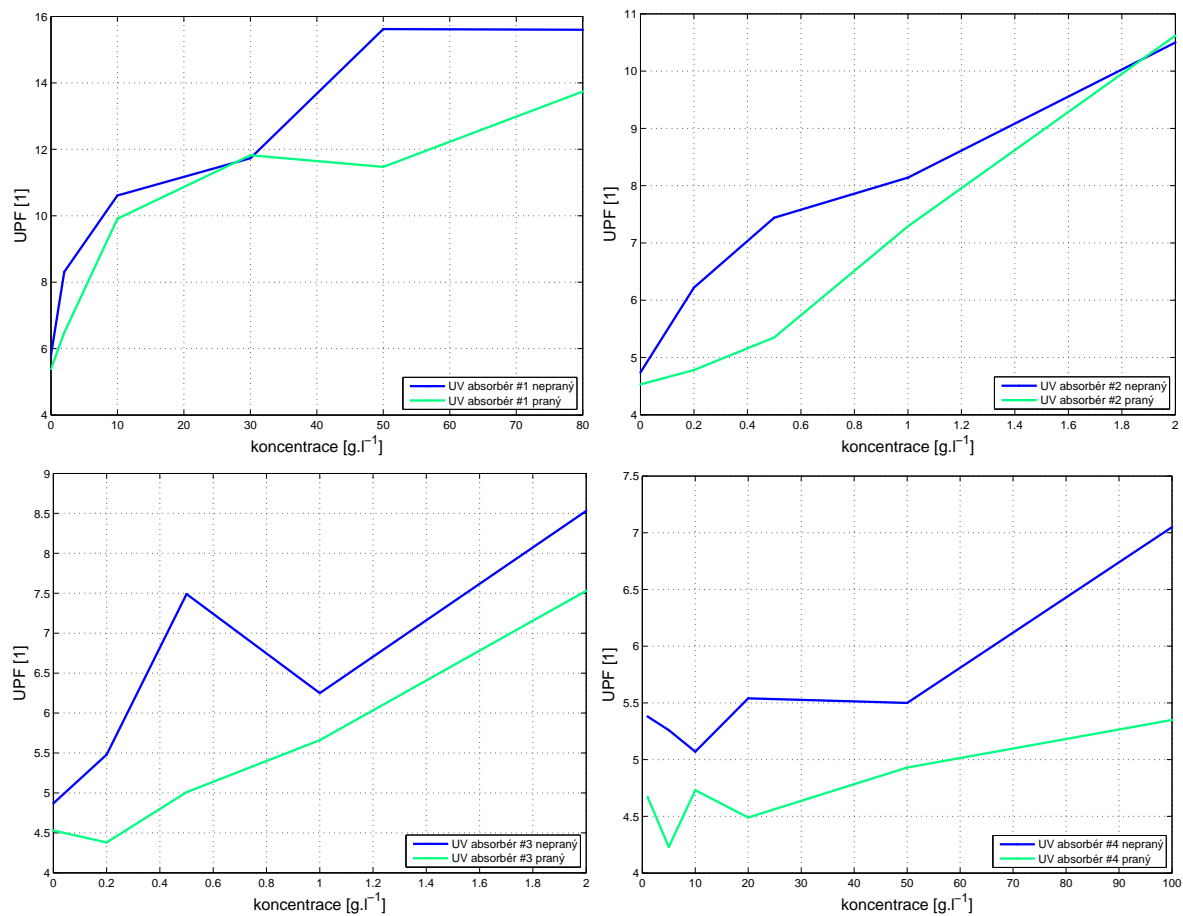
Obrázek A.26: Porovnání hodnot UPF před praním a po praní materiálu F pro všechny UV absorbéry.



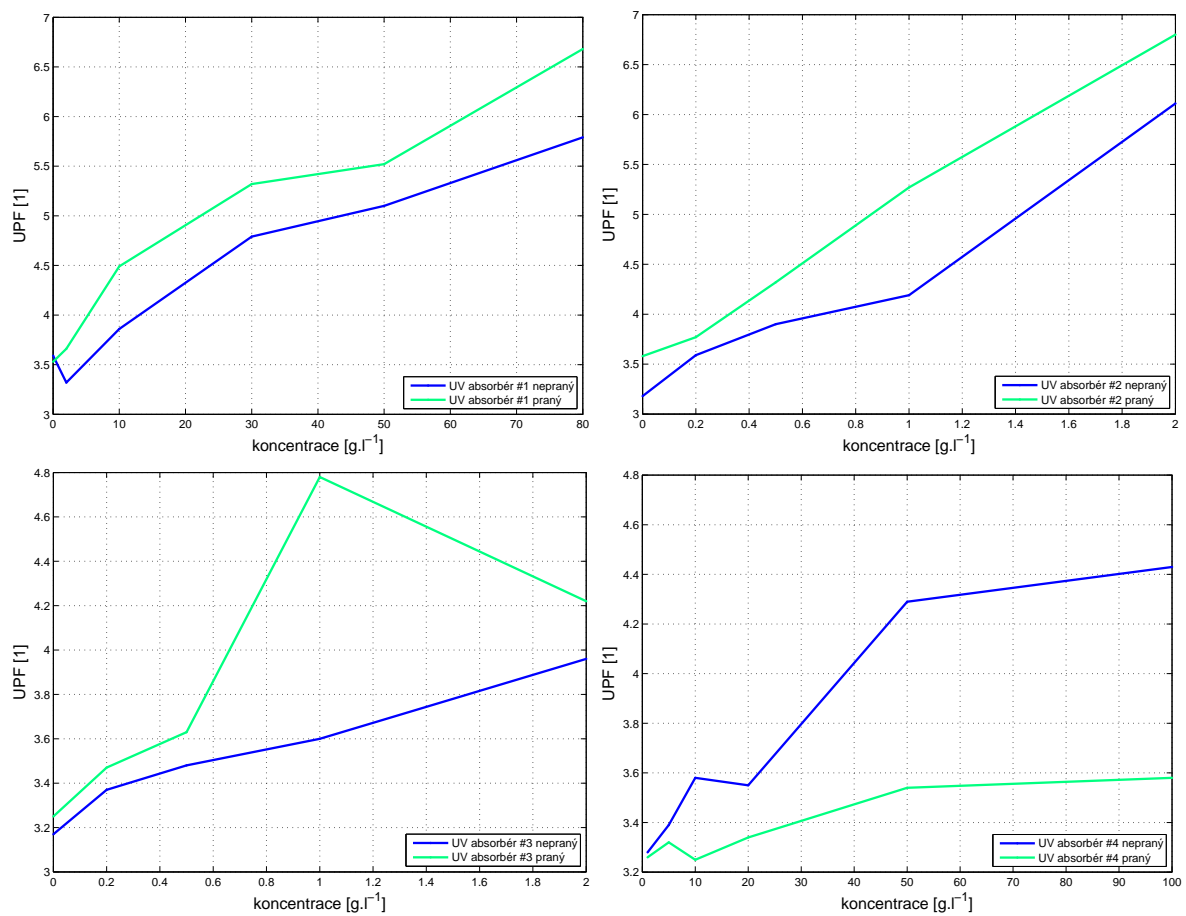
Obrázek A.27: Porovnání hodnot UPF před praním a po praní materiálu G pro všechny UV absorbéry.



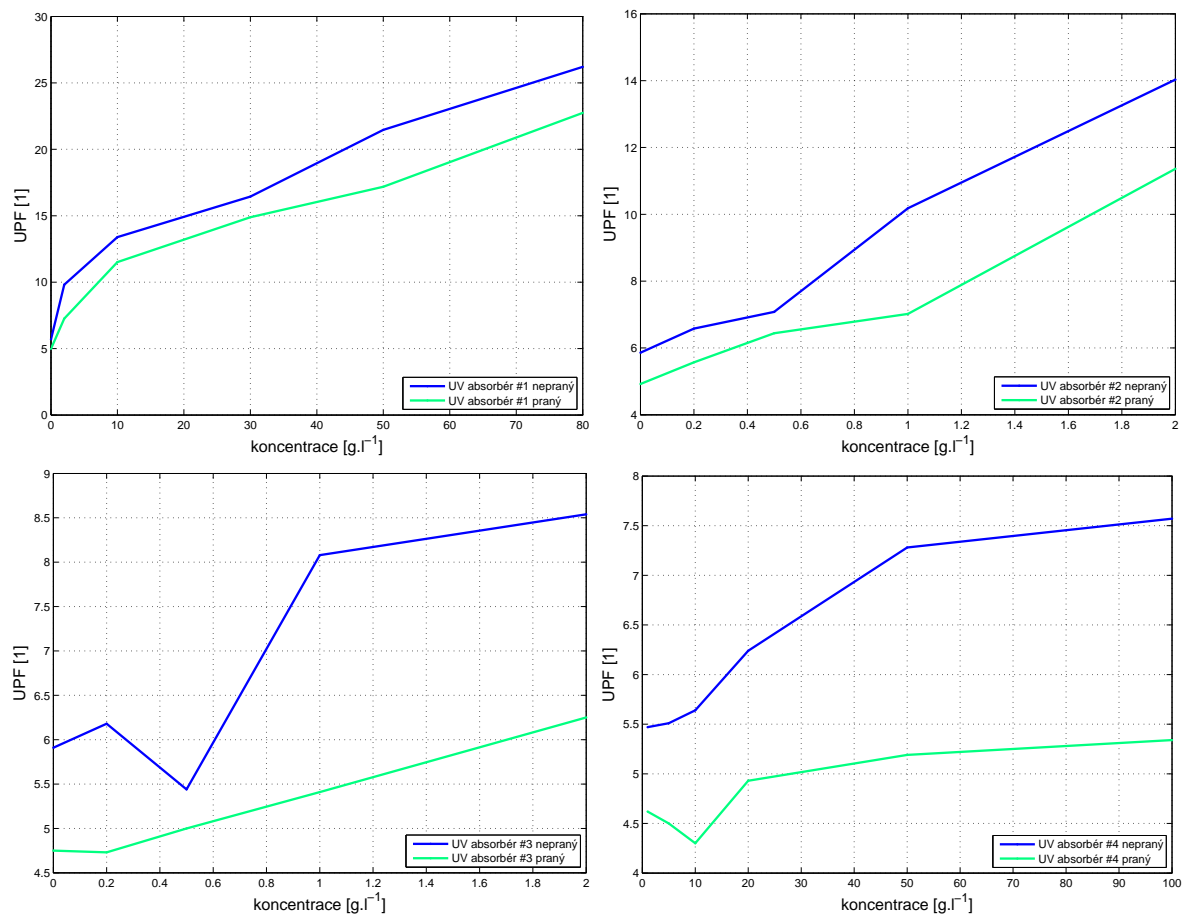
Obrázek A.28: Porovnání hodnot UPF před praním a po praní materiálu H pro všechny UV absorbéry.



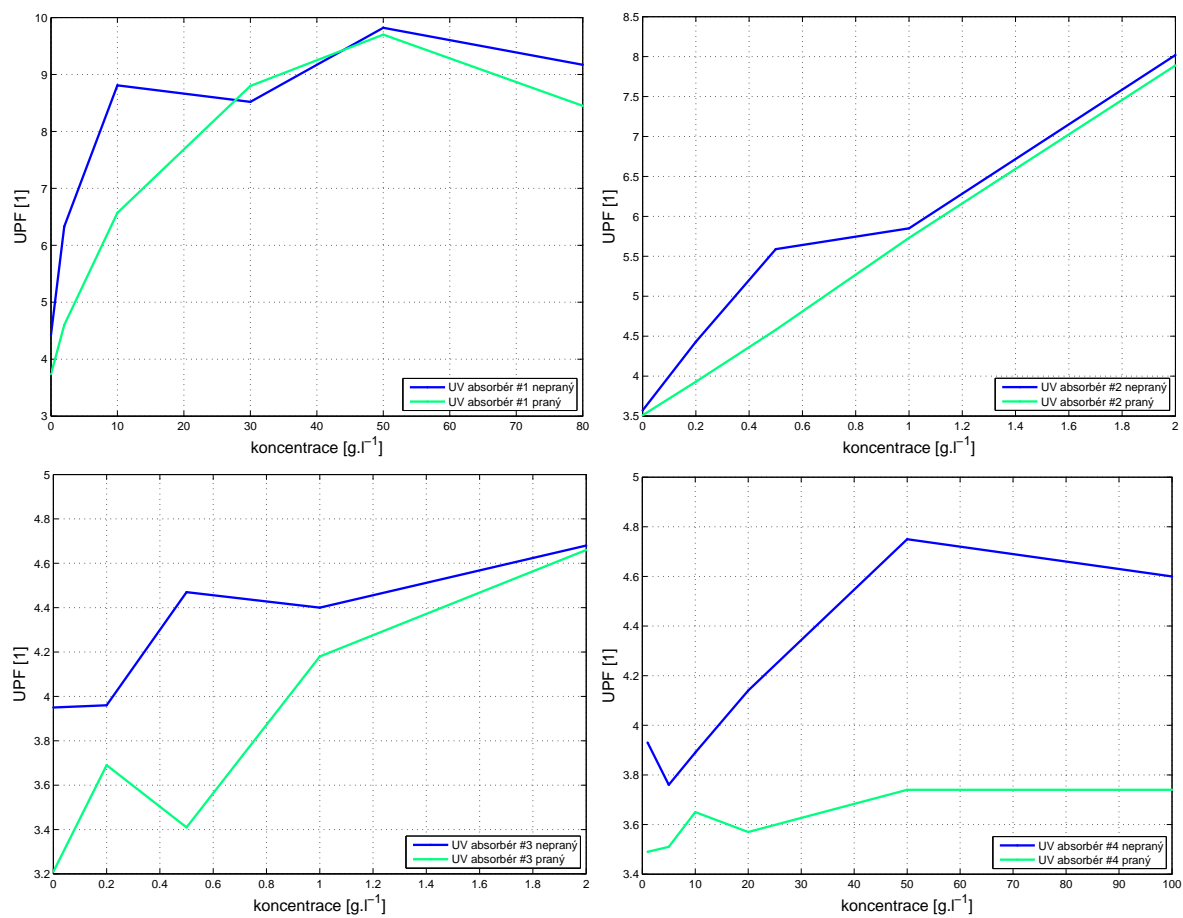
Obrázek A.29: Porovnání hodnot UPF před praním a po praní materiálu I pro všechny UV absorbéry.



Obrázek A.30: Porovnání hodnot UPF před praním a po praní materiálu J pro všechny UV absorbéry.



Obrázek A.31: Porovnání hodnot UPF před praním a po praní materiálu K pro všechny UV absorbéry.



Obrázek A.32: Porovnání hodnot UPF před praním a po praní materiálu L pro všechny UV absorbéry.



## **A.5 CD s výsledky práce a elektronickou verzí tohoto dokumentu**

Příložené CD obsahuje elektronickou verzi tohoto dokumentu ve formátu PDF.